

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИЖЕВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

И.Л. Бухарина, А.А. Двоеглазова

**БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ТРАВЯНИСТЫХ И ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ
В ГОРОДСКИХ НАСАЖДЕНИЯХ**

Монография

Ижевск 2010

УДК 581.5
ББК 28.581.4
Б 94

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом УдГУ

Рецензенты:

В.В. Туганаев – д.б.н., профессор;
И.Ш. Фатыхов – д.с/х.н., профессор

Бухарина И.Л., Двоеглазова А.А.

Б 94 Биоэкологические особенности травянистых и древесных растений в городских насаждениях: монография / И.Л. Бухарина, А.А. Двоеглазова. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2010. – 184 с.

ISBN

В монографии представлены результаты изучения особенностей адаптивных реакций у представителей древесной и травянистой растительности городской территории. Адаптивные реакции растений рассмотрены в связи с разнообразием экотопов и степенью техногенной нагрузки. В монографии приведены геоботанические описания естественно формирующегося травянистого покрова насаждений города, сведения об особенностях формирования генеративных и вегетативных структур у видов – доминантов растительного покрова, что представляет практический интерес при залужении газонов в зеленом строительстве городов.

Книга рассчитана на биологов, экологов, физиологов растений и других специалистов, занимающихся проблемами экологии крупных промышленных центров, аспирантов, студентов биологических, агрономических и лесохозяйственных факультетов высших учебных заведений.

УДК 581.5
ББК 28.581.4

ISBN

© ГОУВПО «Удмуртский
государственный университет», 2010
© Бухарина И.Л., 2010
© Двоеглазова А.А., 2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
Глава 1. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ НАСАЖДЕНИЙ В УРБАНОСРЕДЕ И ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ПРОЦЕССЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАСТЕНИЙ	7
1.1 Экологическая роль насаждений в урбаносреде	7
1.2 Особенности жизнедеятельности древесных и травянистых растений в условиях городской среды.....	11
1.2.1 Влияние городской среды на ассимилирующую активность и водообмен растений	12
1.2.2 Аккумулирующая способность растений в урбаносреде.....	17
1.2.3 Особенности формирования вегетативных и генеративных органов у растений, произрастающих в условиях урбаносреды.....	22
Глава 2. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ (г. ИЖЕВСК).....	26
2.1 Природно-климатические условия района исследований.	26
2.2 Метеорологические условия в годы исследований.....	28
2.3 Ижевск, как крупный промышленный центр.....	29
Глава 3. МЕТОДЫ И ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЙ	32
3.1 Методы исследований.....	32
3.2 Эколого-биологическая характеристика изучаемых видов древесных и травянистых растений.....	35
Глава 4. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ НАСАЖДЕНИЙ Г. ИЖЕВСКА.....	39
4.1 Характеристика зеленых насаждений в районах исследования.....	39
4.2 Оценка жизненного состояния древесных растений.....	43
4.3 Экологическая характеристика условий произрастания растений.....	44
Глава 5. ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСТЕНИЙ В НАСАЖДЕНИЯХ РАЗНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАТЕГОРИЙ.....	53
5.1 Ассимиляционная активность растений.....	53
5.2 Водоудерживающая способность листьев растений.....	62
5.3 Пылеудерживающая способность растений.....	64
5.4 Формирование вегетативных и генеративных структур у травянистых растений.....	67

Глава 6.	ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СТРУКТУРНЫХ ЧАСТЯХ РАСТЕНИЙ.....	72
6.1	Особенности распределения основных элементов минерального питания в побегах растений.....	72
6.2	Зимостойкость почек древесных растений.....	90
6.3	Динамика зольности и содержания тяжелых металлов в побегах растений.....	92
Глава 7.	РЕЙТИНГОВАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ И ПРИРОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА ИЗУЧАЕМЫХ РАСТЕНИЙ В НАСАЖДЕНИЯХ ГОРОДА	103
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	107
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	109
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	127

ВВЕДЕНИЕ

Специфическая особенность городской среды заключается в том, что, испытывая мощное воздействие комплекса антропогенных факторов, она сама становится весьма ощутимым фактором воздействия на природные системы и человека (Вергунов, 1982; Владимиров и др., 1986; Окружающая среда..., 1988; Природный комплекс..., 2000; Кавеленова, 2006). Городская среда резко отличается от природной по освещенности, величине солнечной радиации, температуре и влажности воздуха и почв (Лунц, 1966; Климат большого города..., 1965; Чистякова, 1988).

Неоценимую роль в экологической оптимизации городской среды и создании благоприятного микроклимата выполняют зеленые насаждения. Они очищают воздушный бассейн города от пыли, вредных газов, дыма, копоти, сглаживают температурные колебания; как деятельные компоненты среды они могут выступать в роли индикаторов, характеризующих состояние окружающей среды. В оценке степени загрязнения урбаносреды нельзя рассчитывать лишь на физико-химические показатели атмосферного воздуха и почв, т.к. эти данные не дают полного представления о состоянии окружающей среды. Необходимо использовать принципы биомониторинга, которые предполагают проведение комплексных исследований с применением, в качестве тест-объектов, живых организмов (в наших исследованиях растений), у которых прослеживается четкая закономерность изменения определенных показателей, в зависимости от интенсивности техногенной нагрузки.

В условиях урбанизированной среды трансформации подвержены в первую очередь биохимические свойства, физиология и, как следствие, морфоструктура растений. Степень повреждения растения зависит в основном от двух факторов – концентрации токсичного вещества и длительности его воздействия (Ковальский, 1974; Курбатова, Башкин, Касимов, 2004).

Отдельные аспекты процессов роста и развития древесных и травянистых растений в условиях города изучались многими исследователями (Кулагин, 1974; Николаевский, 1979; Сергейчик, 1984; Горышина, 1991; Чернышенко, 1996; Неверова, Колмогорова, 2003; Жуйкова, Безель, 2006; Кавеленова, 2006; Круглова, 2006), но особенности жизнедеятельности, динамики элементного состава структурных частей растений, ассимиляционной активности, формирования генеративных структур растений в условиях урбаносреды изучены недостаточно, а без учета эколого-биологических характеристик растений не представляется возможным создание экологически эффективных насаждений города.

Целью работы являлось изучение эколого-биологических особенностей и оценка средоулучшающего потенциала древесных и травянистых растений в насаждениях урбаноэкосистемы крупного промышленного центра (на примере г. Ижевска).

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Дать анализ состояния насаждений в районе исследований.
2. Выявить особенности адаптивных физиологических реакций древесных и травянистых растений в условиях урбано среды.
3. Изучить динамику и содержание химических элементов в структурных частях растений в условиях техногенной среды.
4. Дать сравнительную оценку устойчивости и средоулучшающей роли изученных видов древесных и травянистых растений в насаждениях города.

Научная новизна проводимых нами исследований заключается в том, что впервые для Вятско-Камского Предуралья (на примере г. Ижевска) дана комплексная характеристика эколого-биологических особенностей, состояния и средоулучшающей роли древесно-кустарниковых и травянистых растений в насаждениях города. Установлены особенности динамики физиологического осеннего оттока основных элементов минерального питания в побегах растений в условиях городской среды.

Материалы исследований расширяют существующие представления о характере протекания физиолого-биохимических процессов, формировании генеративных структур, динамике элементного состава побегов в период подготовки к физиологическому покою у растений в условиях урбанизированной среды.

Результаты исследований включены в Доклады об экологической обстановке в г. Ижевске в 2005-2007 гг. Управления природных ресурсов и охраны окружающей среды Администрации г. Ижевска, используются в работе отдела озеленения Главного Управления архитектуры и градостроительства г. Ижевска, при чтении курсов «Общая экология», «Урбанозэкология» в Удмуртском государственном университете, «Экология леса» в Ижевской государственной сельскохозяйственной академии и «Экологические основы природопользования», «Прикладная экология» в Колледже аграрных технологий, экономики и права и могут являться основой для планирования работ по созданию и реконструкции насаждений, организации городских ландшафтов. Эколого-биологические особенности изучаемых травянистых растений можно использовать при создании газонов в районах города с интенсивной техногенной нагрузкой.

Работа выполнялась при поддержке гранта «Университеты России» № УР 07.01.050, в рамках научно-исследовательских тем по контрактам с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды УР (№ 83-Э от 16.08.2006 г. и № 85-Э от 7.11.2007 г.), а также в рамках плановой научно-исследовательской темы Ижевской государственной сельскохозяйственной академии «Изучение эколого-биологических особенностей и средорегулирующего потенциала древесных и травянистых растений в условиях урбано среды и пригородных территорий» (Рег. № 01.2.007. 08861).

ГЛАВА 1. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ НАСАЖДЕНИЙ В УРБАНОСРЕДЕ И ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ПРОЦЕССЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАСТЕНИЙ

1.1 Экологическая роль насаждений в урбаносреде

Городская среда резко отличается от естественной природной практически по всем экологическим параметрам – освещенности, температурному режиму и влажности, величине солнечной радиации, составу атмосферного воздуха (Климат большого города..., 1965; Лунц, 1966; Берлянд, Кондратьев, 1972; Владимиров, Микулина, Яргина, 1986; Одум, 1986; Чистякова, 1988; Горышина, 1991; Макальская, 1998; Экологические проблемы..., 1998; Стурман, Малькова, Загребина, 2002; Неверова, Колмогорова, 2003; Кавеленова, 2006).

В крупных городах климат характеризуется более высокой среднегодовой температурой воздуха. Она в городе в среднем на 0,5-5 °С выше по сравнению с пригородной зоной (Берлянд, Кондратьев, 1972; Владимиров, Микулина, Яргина, 1986; Воскресенская, Алябышева, Копылова и др., 2004; Бухарина, Поварницина, Ведерников, 2007). Формирование климатических условий обусловлено усиленным притоком антропогенного тепла, источником которого являются промышленные предприятия, транспорт, отопительные системы помещений, также излучают тепло искусственные покрытия улиц и площадей, крыши и стены зданий. На интенсивность городского остова тепла оказывают влияние размер территории, развитие промышленности, наличие бризовой или горной циркуляции (Златкова, Ценкова, 1988; Кавеленова, 2006).

Задымление и запыленность воздуха, частая повторяемость туманов задерживают до 20% солнечной радиации (в сильно загрязненных районах – до 50%) (Бухарина, Поварницина, Ведерников, 2007). Для промышленных зон характерно уменьшение прямой и увеличение рассеянной радиации в связи с повышенным содержанием аэрозолей в воздухе (Лингова, Иванчева, 1988; Кавеленова, 2006). В районах с многоэтажной застройкой растения испытывают недостаток света из-за прямого затенения. Особенностью светового режима в урбанозекосистемах является дополнительное освещение улиц, искусственно продлевающее световой день, которое влияет на процессы фотосинтеза и ритмы развития растений (Боговая, Теодоронский, 1990; Стурман, Малькова, Загребина, 2002; Неверова, Колмогорова, 2003; Образцова, Фрумин, 2005; Бухарина, Поварницина, Ведерников, 2007).

В воздушном бассейне города содержится значительное количество выбросов промышленных предприятий, тепловых электростанций и транспорта, загрязняющих атмосферу и отрицательно влияющих на развитие и жизнедеятельность растений (Илькун, 1971; Кулагин, 1974; Артамонов, 1986; Барахтенова, Николаевский, 1988; Горышина, 1991; Кавтарадзе, Николаева, Поршнева и др., 1999; Ложкин, 2001; Кавеленова, 2006; Forman, Gordon, 1986; Forman, Alexander, 1998).

Отрицательные факторы городской среды условно подразделяются на две основные группы. Одна группа факторов воздействует на корневую систему растений. К ней относится обеднение почвы питательными веществами, уплотнение почв, повышенная кислотность или щелочная реакция почв и др. Другая группа факторов воздействует на надземную часть растений – задымленность воздуха, его запыленность, механические повреждения растений, болезни и вредители растений (Васильева, 1973; Машинский, 1973; Спиридонов, 1983).

Нарушение жизнедеятельности у растений в урбаносреде возникают в результате низкого плодородия насыпных грунтов, содержащих примесь строительного мусора, чрезмерного уплотнения верхнего слоя почвы, затрудняющего корневое дыхание, и поглотительную деятельность корня; ограничения площади питания корневых систем и воздействия на них теплового излучения теплотрасс, а также под влиянием вибрации верхних слоев почвы в зоне интенсивного транспортного движения, и реагентов, используемых для обработки тротуаров в зимний период (Кулагин, 1985; Горышина, 1991; Кавеленова, 2006).

В городских условиях деревья стареют в 7-8 раз быстрее, чем в естественных условиях (Озеленение населенных мест..., 1987; Боговая, Теодоронский, 1990; Bassuk, Whitlow, 1988). Однако, преобладание в городах молодых деревьев (до 25 лет) снижает декоративную ценность насаждений и ослабляет их роль в оздоровлении городского воздуха и улучшении микроклимата (Машинский, 1973).

Многолетние исследования выявили важную роль растений в улучшении состояния атмосферного воздуха, микроклимата городской среды, в сфере защиты урбаносреды от отрицательных антропогенных факторов, в обеспечении горожан рекреационными территориями (Краснощекова, 1973; Кулагин, 1974; Тарабин, 1974; Илькун, 1978; Антипов, 1979; Гудериан, 1979; Николаевский, 1979; Сергейчик, 1985).

При фотосинтезе 1 га зеленых насаждений поглощает в среднем 8 л/ч углекислоты (этот объем выделяют за это же время 200 человек) (Машинский, Залогина, 1978). Растения поглощают углекислый газ, выбрасываемый промышленными предприятиями, лишь после преобразования его в усвояемую форму. В зависимости от освещения этот процесс может длиться от 2-2,5 часов до 5 суток (Бухарина, Поварницина, Ведерников, 2007). Хвойные древесные растения, за исключением лиственницы, характеризуются меньшей интенсивностью фотосинтеза, чем лиственные породы, но отличаются его высокой продуктивностью в силу более продолжительного периода вегетации. Многие листопадные деревья обладают довольно высокой фотосинтетической активностью при низкой освещенности, а хвойные породы – лишь при достаточном количестве света (Веретенников, 1980). Один гектар зеленых насаждений продуцирует до 200 кг кислорода в сутки. В этом отношении особо выделяется тополь (Горбатовский, Рыбальский, 2003). У трав интенсивность фотосинтеза в 5-8 раз выше, чем у древесных растений (Карасев, 2001).

Зеленые насаждения влияют на климат городских территорий: в летние дни в насаждениях температура воздуха на 4-6 °С ниже, чем на городских ули-

цах. Среднемесячная температура воздуха в большом городском парке на 0,3-1,1 °С ниже, чем на территории многоэтажной застройки. При этом создается постоянное перемещение воздушных масс от зеленых массивов с менее прогретым воздухом к окружающим районам застройки с более теплым воздухом. Суммарная солнечная радиация под кронами отдельных видов деревьев почти в 9 раз ниже, чем на открытом месте (Краснощекова, 1987; Неверова, Колмогорова, 2003). Насаждения обладают повышенной отражательной способностью листьев по сравнению с грунтовыми и асфальтовыми покрытиями, что способствует понижению температуры воздуха в районе древесных насаждений и созданию комфортной среды для человека (Горышина, 1991; Экология крупного города, 2001).

Растительный покров является мощным противозерозионным фактором. Он создает шероховатость поверхности почвы, растения надежно скрепляют ее корнями, защищает от разрушения стоком воды. Травянистые растения задерживают 10-11% осадков, а кроны древесных растений – до 30%. Защитное значение растительного покрова состоит также в улучшении структуры и водопроницаемости почвы в результате разложения корневых остатков (Митрюшкин, Павловский, 1979; Ганина, 1990; Константинов, Челидзе, 2001).

Зеленые насаждения обладают большой транспирирующей способностью. Они испаряют влаги в 20 раз больше, чем занимаемая ими площадь, значительно повышая влажность воздуха. К примеру, один гектар 115-летних дубов ежегодно транспирирует 26 т воды, а 1 м² газона – до 200 г/ч, что значительно увлажняет воздух. Следует отметить, что повышение влажности на 15% воспринимается человеком как понижение температуры на 3,5 °С (Машинский, Залогина, 1978; Неверова, Колмогорова, 2003).

Многие растения обладают фитонцидными свойствами. Они повышают бактерицидную энергию воздуха. Механизм этого явления связан с трансформацией молекул озона в электронно возбужденные молекулы кислорода – озониды, способные разрушать структуры ДНК патогенных микроорганизмов. Фитонцидной активностью обладают: хвойные растения – сосна (*Pinus* L.), пихта (*Abies* Mill.), можжевельник (*Juniperus* L.), ель (*Picea* A. Dietr.), лиственница (*Larix* Mill.); лиственные породы – береза бородавчатая (*Betula pendula* Roth.), дуб (*Quercus* L.), черемуха (*Padus* Mill.), тополь (*Populus* L.), сирень (*Syringa* L.), барбарис (*Berberis* L.), акация белая (*Robinia pseudoacacia* L.), груша (*Pyrus* L.), чубушник (*Philadelphus* L.), калина (*Viburnum* L.), ива (*Salix* L.), жимолость (*Lonicera* L.), яблоня (*Malus* Mill.); газонные травы – кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leyss) Holub.), полевица белая (*Agrostis albida* Trin.), овсяница красная (*Festuca rubra* L.), мятлик луговой (*Poa pratensis* L.), ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.); цветочные растения – бархатцы (*Tagetes* T.), календула (*Calendula* L.), пеперомия (*Peperomia* Hook.), пеларгония (*Pelargonium* Ait.), алоэ (*Aloe* Mill.), гибискус (*Hibiscus* L.), аглаонема (*Aglaonema* Schott.), каланхоэ (*Kalanchoe* Drakeet Castillo.) (Митрюшкин, Павловский, 1979; Капранова, 1989; Горышина, 1991; Арустамов, Левакова, Баркалова, 2001; Экология крупного города, 2001; Бухарина, Федоров, 2002).

Растения выступают как универсальные природные фильтры, аккумулирующие и детоксирующие самые различные ингредиенты промышленных выбросов, поглощая из воздуха газообразные примеси и осаждая их (Сергейчик, 1994; Фролов, 1998). Зеленые насаждения задерживают до 60 – 70% пыли, находящейся в воздухе. Большая часть пыли оседает на поверхности листьев, ветвей, стволов деревьев и кустарников, задерживается травостоем, поэтому ее содержание в насаждениях в 2-3 раза ниже, чем на не озелененной территории (Машинский, Залогина, 1978; Кольцов, 1995; Машинский, 1996; Неверова, 2002; Неверова, Колмогорова, 2003). К примеру, по данным В.И. Артамонова (1986), за вегетационный период тополь черный (*Populus nigra* L.), произрастающий вблизи цементного завода, задерживает 44 кг пыли, тополь белый (*Populus alba* L.) – 34, клен ясенелистный (*Acer negundo* L.) – 30 кг.

Древесно-кустарниковая растительность обладает избирательной способностью по отношению к вредным примесям и в связи с этим обладает различной устойчивостью к ним. Промышленные газы вызывают увеличение проницаемости клеточных мембран листьев. Особенно опасны для растений кислые легкорастворимые в воде газы (SO_2 , NO, NO_2 , HF, HCl) (Илькун, 1971; Кулагин, 1974; Сергейчик, Иванов, 1977; Ким, 1981; Неверова, Морозова, 2000; Карасев, 2001; Чернышенко, 2001; Николаевский, 2002; Васфилов, 2003; Михайлова, Бережная, Афанасьева и др., 2005; Бухарина, Поварницина, Ведерников, 2007). Исследования, проведенные Ю.З. Кулагиным (1974), показали, что лучшими газопоглотительными качествами обладают: тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.), вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.), ясень зеленый (*Fraxinus lanceolata* Borch.).

Зеленые насаждения значительно снижают скорость движения воздушных масс. Ветрозащитные свойства обеспечиваются насаждениями с оптимальной плотностью, при возрастании последней наблюдается нежелательное увеличение турбулентности воздушных потоков. Наибольшей ветрозащитной способностью обладают невысокие насаждения с ажурностью крон деревьев не менее 30-40% (Митрюшкин, Павловский, 1979; Глазунов, 2001; Константинов, Челидзе, 2001; Экология крупного города, 2001; Захаров, Суховольский, 2002; Неверова, Колмогорова, 2003).

Высокая звукоотражающая способность листвы древесных растений играет важную роль в снижении уровня городского шума, который лиственными насаждениями средней густоты и высотой 7-8 м снижается на 10-15 дБ, а полосой насаждений шириной 200-250 м – на 35-45 дБ. В целом, растительность снижает шум в жилых и промышленных зонах в 2-2,5 раза. Таким образом, шумозащитные свойства насаждений зависят от их ширины, густоты, высоты, конструкции и видового состава растений. Наиболее эффективным считается свободное расположение деревьев и кустарников в шахматном порядке (Боговая, Теодоронский, 1990; Горышина, 1991; Кольцов, 1995; Арустамов, Левакова, Баркалова, 2001; Экология крупного города, 2001; Неверова, Колмогорова, 2003; Воскресенская, Алябышева, Копылова и др., 2004; Бухарина, Поварницина, Ведерников, 2007). Шумопоглощающая способность наиболее ярко вы-

ражена у клена, липы, калины, тополя, дуба, граба, березы (Горбатовский, Рыбальский, 2003).

Таким образом, можно выделить четыре основные функции зеленых насаждений: санитарно-гигиеническую или оздоровительную; рекреационную; структурно-планировочную или градостроительную, связанную с членением отдельных зон и структур населенного пункта, объединением частей в одно целое, повышением выразительности архитектурных ансамблей; декоративно-художественную или архитектурно-эстетическую.

Все выше перечисленные функции зеленых насаждений тесно связаны друг с другом и, безусловно, должны сочетаться. Для достижения максимального эффекта следует опираться на принцип разумной целесообразности, который включает в себя сочетание всех функций и учет экологических, эстетических и экономических факторов (Боговая, Теодоронский, 1990; Карпионов, 2008).

Массовая застройка по типовым проектам часто создает монотонность и однообразие архитектурного облика города. Одна из важнейших градостроительных задач современного общества состоит в том, чтобы при сохранении скоростных индустриальных методов строительства преодолеть эти недостатки. Большую роль в решении этой задачи играют зеленые насаждения (Машинский, Залогина, 1978). Урбаносреда отличается мозаичностью микроклиматических условий и требует тщательного подбора видов деревьев и травянистых растений для создания насаждений (Якушина, 1982; Боговая, Теодоронский, 1990; Durant, 1989; Rumelhart, 1989).

Структура озеленения должна образовывать систему, включающую все типы зеленых насаждений (посадки деревьев, кустарников, газоны), так как каждый из них несет определенные функции. Радиус воздействия зеленых насаждений незначителен, поэтому необходимо, чтобы они вводились непосредственно вглубь застройки. Оптимальным вариантом является размещение застройки среди зеленых насаждений. Плотность посадок деревьев и кустарников должна обеспечивать затенение не менее 50 % занимаемой территории (Машинский, Залогина, 1978).

Таким образом, оптимизация озеленения городской среды требует дифференцированного подбора растений, сочетающего декоративные качества, устойчивость к условиям городской среды и способность осуществлять средообразующие функции.

1.2 Особенности жизнедеятельности древесных и травянистых растений в условиях городской среды

Нарушение физиологических функций растений в условиях городской среды является ответной реакцией организма на комплекс негативных факторов, в том числе на проникающие в клетки фитотоксиканты. Эта реакция проявляется в разной степени у различных видов растений в зависимости от силы, продолжительности, химического состава действующих внешних факторов и

их совокупного действия, а также от физиологического состояния растительного организма. По степени чувствительности к фитотоксикантам выделяется определенная последовательность в изменении отдельных функций растений. Их можно расположить в следующий ряд по убывающей степени: фотосинтез, дыхание, биосинтез вторичных веществ, транспирация, рост и развитие. Указанная последовательность в значительной мере является условной, так как начавшиеся изменения одной функции неизменно влекут за собой нарушение других (Илькун, 1978).

Использование эколого-физиологических показателей растений в фитомониторинге перспективно. Но стоит отметить, что они лабильны и изменяются под влиянием внешних условий, поэтому исследования желательно проводить в режиме скрининга.

1.2.1 Влияние городской среды на ассимилирующую активность и водообмен растений

Фотосинтез является одним из наиболее чувствительных к внешним условиям процессов (Илькун, 1978). Внешние факторы фотосинтеза, чаще определяемые в современной литературе как экология фотосинтеза, включают интенсивность и спектральный состав светового потока, содержание CO_2 в окружающем воздухе, температуру окружающей среды и листа, влажность воздуха, влажность почвы и ее физико-химические свойства, ветер, напряженность и направление атмосферного электрического поля и др. (Третьяков, Кошкин, Макрушин и др., 2000; Карасев, 2001).

Установлено, что степень повреждаемости растений тесно связана с интенсивностью фотосинтеза (ИФ). Растения с повышенной ИФ имеют меньшую устойчивость к газам. Из трав наибольшей устойчивостью к газам обладает овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.), наименьшей – полевица белая (Машинский, Залогина, 1978). По классификации В.С. Николаевского (1979) травы в зависимости от их устойчивости к антропогенным загрязнителям подразделяются на устойчивые виды – овсяница луговая, мятлик луговой; среднеустойчивые – ежа сборная, тимopheевка луговая (*Phleum pratense* L.); неустойчивые – клевер луговой (*Trifolium pratense* L.), клевер белый (*Trifolium alba* L.).

Интенсивность фотосинтеза зависит от вида растений, состояния листьев, внешних и внутренних условий. Интенсивность фотосинтеза древесных растений в лесу в 5-8 раз ниже, чем у травянистых растений открытых местообитаний. Объясняется этот факт немногочисленностью фотосинтетических единиц в хлоропластах деревьев. Низкая интенсивность фотосинтеза древесных растений компенсируется за счет более продолжительного вегетационного периода (у вечнозеленых хвойных) и большого количества световых и теневых листьев. Среднедневная интенсивность фотосинтеза взрослых листопадных деревьев равна $10-20 \text{ мгCO}_2/\text{дм}^2 \cdot \text{ч}$, вечнозеленых хвойных – $4-15 \text{ мгCO}_2/\text{дм}^2 \cdot \text{ч}$ (Горышина, 1979; Веретенников, 1980; Голубева, 1999; Третьяков, Кошкин, Макрушин и

др., 2000; Карасев, 2001; Николаевский, 2002; Неверова, Колмогорова, 2003; Бухарина, Поварницина, Ведерников, 2007). Разные виды деревьев и кустарников обладают неодинаковой интенсивностью фотосинтеза и поэтому производят разное количество кислорода. Например, в течение вегетационного периода одно дерево тополя берлинского (*Populus berolinensis* (C. Koch) Dipp.) ассимилирует углекислоты в 6,9 раза; дуба чешуйчатого в 4,5; липы крупнолистной (*Tilia platyphyllos* Scop.) в 2,5; сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в 1,5 и лиственницы в 1,2 раза больше, чем одно дерево ели обыкновенной (*Picea abies* L.). Дерево с большей лиственной массой выделяет больше кислорода (Машинский, Залогина, 1978). Среди древесных растений умеренной климатической зоны наибольшей способностью ассимилировать CO₂ при расчете на поверхность или массу листьев обладают береза и бук; летнезеленое хвойное лиственница – имеет средние показатели; вечнозеленые хвойные – дугласия, ель и сосна – показывают наименьшую способность к поглощению углекислоты (Карасев, 2001).

Низкие концентрации токсичных газов в воздухе вызывают медленное снижение фотосинтеза растений соответственно скорости накопления их в листьях, без образования на листовых пластинках видимых признаков повреждения. После прекращения воздействия газов фотосинтез таких растений восстанавливается до прежнего уровня, за счет усиления запасного пути биосинтетических и обменных реакций. Низкое содержание в воздухе выбрасываемых автотранспортом и промышленными предприятиями газов, может стимулировать фотосинтез растений, увеличивать содержание пигментов и их фотохимическую активность (Илькун, 1978; Веретенников, 1980; Тарабрин, Кондратюк, Башкатов, 1986; Голубева, 1999).

Токсичные газы в концентрациях, вызывающей образование некротических пятен на листьях, подавляют фотосинтетическую функцию листьев тем сильнее, чем больше площадь пораженных участков. Избыточное накопление в листьях тяжелых металлов из воздуха и почвы, а также оседание на листовой поверхности пылевидных частиц и смолистых веществ снижают ассимиляцию CO₂ по причине закупоривания устьиц, изменения оптических свойств и теплового баланса листа (Илькун, 1978; Веретенников, 1980; Экологические проблемы..., 1998; Чернышенко, 2001).

Фотосинтетический аппарат растений чувствителен к сернистому газу, окиси углерода, хлору, окислам азота, действие которых может приводить к фотоокислению пигментов листа, белков и ферментов цитоплазмы. Легко растворяющиеся в воде газы техногенного происхождения (SO₂, NO, NO₂, HF, HCl) понижают водный потенциал клеточных стенок, что вызывает плазмолиз клеток. Проникшие в клетку газы сосредотачиваются в хлоропластах, где вызывают их набухание. Данное явление влечет за собой снижение синтеза хлорофилла. Как следствие этих процессов – более раннее старение и отмирание листьев при высоких концентрациях газов (Илькун, 1978; Веретенников, 1980; Барахтенова, 1983; Кулагин, 1985; Барахтенова, Николаевский, 1988; Сойккели, Карн-лампи, 1988; Костенко, Боронин, 1993; Васфилов, 2003; Прожерина, Тарханов,

2004; Михайлова, Бережная, Афанасьева и др., 2005; Kocou, 1990; Wagner, Kolbowski, Oja and other, 1990).

Степень подавления фотосинтеза у растений определяется токсичностью и продолжительностью воздействия загрязнителей, и у разных видов проявляется неоднозначно, зачастую приводя к изменению анатомической структуры листьев (Илькун, 1978; Силаева, 1978; Сазонова, Болондинский, 1996).

На фотосинтез существенное влияние оказывает световой режим. Свет высокой интенсивности подавляет фотосинтез и вызывает разрушение пигментных комплексов (Илькун, 1978; Веретенников, 1980; Крамер, Козловский, 1983; Третьяков, Кошкин, Макрушин и др., 2000; Карасев, 2001). Из-за взаимного затенения листьев фотосинтетический аппарат древесных растений устроен значительно сложнее, чем у трав. Интенсивность фотосинтеза теневых листьев древесных растений по сравнению со световыми на слабом свете выше (Веретенников, 1980; Голубева, 1999; Бухарина, Поварницина, Ведерников, 2007).

Вредители и болезни вносят свой вклад в изменение фотосинтетической активности, подавляя ее, так как слабый рост, некротические пятна, потеря листовой поверхности уменьшают синтез углеводов, в результате сокращаются размеры листовых пластинок (Горышина, 1975; Веретенников, 1980; Крамер, Козловский, 1983; Горышина, 1989; Чукпарова, 2005).

Л.О. Машинский (1973), В.А. Попов, Г.М. Негруцкая, В.К. Петрова (1982), П.Д. Крамер, Т.Т. Козловский (1983), А.С. Рожков, Т.А. Михайлова (1989), В.Н. Карасев (2001); С.П. Васфилов (2003), Л.М. Кавеленова (2006), D.G. Wareham, E.A. McBean, J.M. Byme (1988) и другие исследователи изучали влияние режима минерального питания на фотосинтез. Из-за недостатка азота в почве, влияющего на рост и структуру листьев, ИФ снижается примерно в 2 раза. Но нередко в техногенной среде наблюдается повышение содержания азота в листьях, что угнетает синтез хлорофилла в листьях и неблагоприятно сказывается на фотосинтетической активности растений.

В условиях города из-за высоких температур воздуха, асфальтового покрытия, повышенной плотности и загрязненности почв солями, вызывающими осмотическое связывание воды, уменьшается листовая поверхность и существенно снижается фотосинтетическая деятельность растений (Тарабрин, 1990; Лихолат, Мыщик, 1996; Неверова, 1999; Николаевский, 2002; Неверова, Колмогорова, 2003; Раппопорт, 2004; Бухарина, Поварницина, Ведерников, 2007).

По данным Т.М. Поварничиной (2007); И.Л. Бухариной, Т.М. Поварничиной, К.Е. Ведерникова (2007) высокой интенсивностью фотосинтеза в урбанизированной среде отличаются интродуценты – яблоня ягодная (*Malus baccata* Borkh.), тополь бальзамический, карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam.) и клен ясенелистный. Карагана древовидная характеризуется постоянством интенсивности фотосинтеза без изменения ростовых процессов, что свидетельствует об ее устойчивости к меняющимся условиям среды. Отмечается тенденция снижения интенсивности фотосинтеза древесных растений, начиная с июля, а в магистральных посадках уже в июне.

Фотосинтетическая активность связана с содержанием и состоянием воды в клетке. Вода является главной составной частью протопласта и определяет самые существенные черты его организации. Для нормальной жизнедеятельности клетки и ткани растений должны быть достаточно насыщены водой (Гусев, 1974; Грошева, 2006). Недостаток влаги приводит к изменениям ассимиляционного аппарата, вызывая отклонения в физиологических процессах, что проявляется в ослаблении роста растений (Булыгин, 1985; Волжанина, 2004).

Растительные клетки нормально функционируют при содержании в них воды на уровне 70-80%, а у отдельных видов растений – до 90% и более. Поглощение воды корневой системой, ее подъем к испаряющей поверхности листьев и транспирация – неразрывно связанные между собой основные процессы водного обмена растений (Гуляженко, 1985; Чернышенко, 1998; Карасев, 2001). При низких величинах показателей сосущей силы – интенсивно протекают ростовые процессы, а при высоких – напротив, ослабляется рост растений (Пятинов, 1969; Грошева, 2006).

На величину интенсивности транспирации оказывает влияние комплекс внешних и внутренних факторов. Среди внешних – наибольшее значение имеют температура и влажность воздуха, свет, ветер, температурный и водный режим почвы, степень доступности влаги для растений. Из внутренних факторов – степень оводненности растительных тканей и физиологическое состояние растений (Третьяков, Кошкин, Макрушин и др., 2000; Карасев, 2001). Нарушение физиологии растений сопровождается изменением водного режима и температуры стволов и других органов растений (Карасев, 1983, 1992).

При оседании пылевидных частиц изменяются оптические свойства запыленного листа, повышаются его температура и соответственно скорость транспирации. При образовании сплошного чехла на листе из цементной или магнезитовой пыли транспирационные потери их могут быть незначительны. Такие листья обычно погибают. При проникновении в лист растворимых солей из осевших пылевидных частиц их влияние на транспирацию определяется степенью нарушения функций и структуры клеток растений (Илькун, 1978).

Изменение водного режима растений помимо действия экстремальных факторов может возникать и при пересадке растений (Веретенников, 1968, 1987; Карасев, 1995; Карасев, 2001).

В городской среде огромное влияние на водообмен растений оказывают газообразные загрязнители. Экспериментальные данные свидетельствуют, что токсичные газообразные вещества, поступающие в листья растений, вызывают, с одной стороны, торможение поглощения воды корнями, с другой – первоначально снижают интенсивность транспирации, а затем усиливают ее, что ведет к нарушению оводненности клеток и тканей листа, их иссушению и гибели (Илькун, 1978).

Газообразные загрязнители проникают в межклетники листа и хвои растений в значительной мере через устьица. Далее они растворяются в воде, пропитывающей целлюлозные оболочки клеток, и на пути в клетку всегда вступают в контакт с плазмалеммой. Благодаря регуляторным свойствам биомембран

растения в значительной мере контролируют свой водный режим. Структура мембран растительной клетки определяет ее свойства, физиологическую активность и устойчивость к стрессам. Встроенные в мембраны антиоксиданты, предохраняют ее от разрушения окислителями и поддерживают оптимальные регуляторные функции (Николаевский, 1979, 1992, 2002; Третьяков, Кошкин, Макрушин и др., 2000; Васфилов, 2003). Многие промышленные газы (SO_2 , NO_2 , Cl_2 , F_2 и др.) обладают свойствами сильных окислителей, поэтому они, адсорбируясь на поверхности мембраны и проникая через нее, вызывают свободно – радикальное окисление (Илькун, 1971; Николаевский, 1979, 1992, 2002).

Окислительное разрушение биомембран растительной клетки наблюдается под влиянием многих других экстремальных воздействий (засоление почв, низкие и высокие температуры, тяжелые металлы, активные соединения, засуха, инфекции и т.д.) и всегда сопровождается увеличением их проницаемости. Увеличение проницаемости клеточных мембран у растений под влиянием экстремальных условий и загрязнения атмосферного воздуха приводит к быстрой потере воды листьями (обезвоживанию) за счет свободной воды и нарушению многих физиолого-биохимических процессов (Илькун, 1971; Попов, Негруцкая, Петрова, 1982; Николаевская, 1992; Николаевский, 2002; Васфилов, 2003; Половникова, 2006; Чиндяева, 2006).

Содержание и состояние воды в клетках и тканях влияет на устойчивость растений к неблагоприятным факторам внешней среды, т.е. эти показатели могут выступать критерием оценки устойчивости растений (Николаевский, 1979, 1998; Половникова, Воскресенская, 2006).

Одним из физиологических параметров состояния воды в растении является ее способность (или неспособность) выходить за пределы клетки, органеллы. Для клетки таким параметром служит водоудерживающая способность (ВС) (Самуилов, 1972). Способность растений противостоять обезвоживанию является интегральным показателем адаптивного метаболизма в условиях недостатка влаги, а водоудерживающая способность растений является хорошим показателем их водообмена и устойчивости к неблагоприятным факторам окружающей среды (Лапин, 1967; Волжанина, 2004). Высокая водоудерживающая способность является критерием адаптации растений к неблагоприятным факторам, у неустойчивых видов в условиях загрязненной среды проницаемость мембран увеличивается, что приводит к быстрой потере воды клетками. Если за 60 минут после срезания, листья растений теряют не более 4-5% воды, это свидетельствует об их высокой водоудерживающей способности (Лихолат, Мыцкик, 1996; Николаевский, 2000; Неверова, Колмогорова, 2003).

М.Г. Половникова и О.Л. Воскресенская (2006) изучали изменение показателей водного режима травянистых растений в условиях урбанизированной среды. Ими было выяснено, что растения, произрастающие в городской среде, испытывают отрицательное воздействие комплекса загрязняющих веществ, что влечет за собой изменение их водного режима. Это проявляется в снижении общей оводненности тканей, в изменении соотношения свободной и связанной воды в сторону увеличения содержания наиболее упорядоченных форм, что в

свою очередь приводит к уменьшению водоотдачи и изменению интенсивности транспирации по сравнению с растениями экологически чистых районов. Но при этом для устойчивых видов растений по сравнению с неустойчивыми характерны низкие значения всех параметров водного режима. К примеру, водоудерживающая способность листьев клевера белого и лугового в загрязненных районах снижается в 3-4 раза.

Способность удерживать влагу может изменяться в течение вегетации, а также зависит от онтогенетического состояния растения (Волжанина, 2004; Грошева, 2006; Османова, Федорова, 2006). По данным Т.М. Поварничиной (2007), И.Л. Бухариной, Т.М. Поварничиной, К.Е. Ведерникова (2007), в течение вегетации наблюдается снижение водоудерживающей способности листьев древесных растений. Установлено возрастание данного показателя у деревьев в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий и магистральных посадках, в среднем на 27%, что свидетельствует о его адаптационной роли. Наибольшей водоудерживающей способностью в условиях урбанизированной среды обладают береза повислая и липа мелколистная. Возрастание водоудерживающей способности листьев способствует повышению их ассимиляционной активности. Наименьшей ВС в городских условиях обладает карагана древовидная.

1.2.2 Аккумулирующая способность растений в урбаносреде

Результаты исследований свидетельствуют о важной роли древесных растений в процессах выведения газообразных примесей из атмосферного воздуха. Примеси атмосферы могут выводиться из воздуха как почвой (Ghiorse, Alexander, 1976), так и растительными элементами (Чернышенко, 2001).

Первые экспериментальные исследования газопоглотительной способности растений показали, что между накоплением вредных ингредиентов листьями и устойчивостью существует серьезное противоречие. Оно вызвано тем, что высокая скорость поглощения техногенных газов приводит к повреждению ассимиляционных органов, и даже к гибели растений, к сокращению или даже прекращению санитарной функции. Изучая механизм поглощения атмосферных загрязнителей, установлено, что в растениях они не только накапливаются в листьях, хвое, но и подвергаются транслокации по органам, а также удаляются в корни и почву (Чернышенко, 1989; Чернышенко, 2001).

Большая часть газов проникает в лист через устьица (Николаевский, 1979), особенно, если поверхность растения сухая, поэтому от степени анатомического строения листа и степени открытия устьиц зависит скорость поглощения вредных газов. Если поверхность растения влажная, то газовая смесь растворяется на его поверхности (Николаевский, Цодикова, 1973).

Накопление вредных ингредиентов в древесных растениях зависит от концентрации загрязнителей и времени действий. В большинстве случаев скорость поглощения газов и накопления вредных ингредиентов в листьях и хвое обратно пропорциональна интенсивности газообмена (Илькун, 1978; Кулагин,

1980; Николаевский, 1979), поэтому наибольшей газопоглотительной способностью в случае разового действия газов обладают неустойчивые виды. В случае постоянного действия повышенных концентраций атмосферных загрязнителей у неустойчивых видов происходит быстрое накопление токсикантов в листьях до летальных доз, затем повреждение и гибель листьев (Чернышенко, 2001). По данным Н.П. Красинского (1950), по этой причине у тополя бальзамического за вегетацию может происходить многократная смена листьев, до 5-6 раз.

Наземные органы растений активно реагируют на повышение концентрации химических элементов в почве, накапливая их выше уровня, необходимого для нормального роста и развития растений (Aylmore, Karin, Quirk, 1967). Растения могут усваивать и вовлекать в метаболизм двуокись серы, окислы азота, аммиак, аккумулируя их листьями подобно углекислому газу (Попов, Негруцкая, Петрова, 1982; Сергейчик, 1994).

Поглотительная способность насаждений зависит от состава пород, полноты, бонитета, возраста, ассимиляционной поверхности крон деревьев, длительности вегетации (Попов, Негруцкая, Петрова, 1980; Смит, 1985; Тарабрин, Кондратюк, 1986; Чернышенко, 2001; Sporek, 1995). Древесные растения обладают наибольшей поглотительной способностью (Николаевский, 1979). Ее значения снижаются в ряду – сорные травы, цветочные растения и газонные травы. Данный показатель у древесных пород принять за 1, то у сорных трав она составляет – 0,62, у цветочных – 0,5, у газонных трав – 0,4 (Чернышенко, 2001).

Пыль – различные по происхождению, размерам и химическим свойствам частицы, которые поступают в воздух в результате естественных и технологических процессов. Осаждение пыли на листья растений с одной стороны, приводит к очищению воздуха, с другой стороны – оказывает негативное физическое, а зачастую и химическое воздействие на растения (Кавеленова, Кведер, 2006).

Ежедневно в мире выбрасывается в атмосферу примерно 200-250 млн. т. пыли, поэтому ее осаждение является важным источником поступления техногенных веществ на земную поверхность и может в десятки раз превышать поступление элементов с атмосферными осадками. Это наиболее характерно для таких элементов как железо, алюминий, кремний, кальций, магний, калий, тяжелые металлы. Поступление больших количеств азота с пылью происходит лишь вблизи источников азотсодержащей пыли (Израэль, 1984).

Значительной способностью к улавливанию аэрозолей и пыли обладают вяз, шелковица, рябина, сирень, бузина. Наилучшие пылезащитные функции характерны для вяза и сирени. Кроны елей на одном гектаре насаждений задерживают в год до 32 т пыли, сосны – до 36, дуба – до 56, бука – до 63 т, в среднем хвойные породы – 40, а лиственные – около 100 т. В течение вегетационного периода деревья уменьшают запыленность воздуха на 42%, в безлиственный период – на 37%. Согласно правилам озеленения в радиусе до 500 м от источника загрязнения рекомендуются посадки газоустойчивых пород, а именно тополей канадского (*Populus deltoids* Marsh.) и бальзамического, липы мелколистной, клена ясенелистного, ивы белой (*Salix alba* L.), бузины красной

(*Sambucus racemosa* L.), жимолости (*Lonicera* L.) (Машинский, 1973; Горбатовский, Рыбальский, 2003).

Даже зимой деревья снижают запыленность воздуха примерно на 37% по сравнению с открытым пространством. Эффективны в этом отношении многие кустарники – кизильник (*Cotoneaster* Medik.), боярышник (*Crataegus* L.), роза морщинистая (*Rosa rugosa* Thunb.), калина Гордовина (*Viburnum lantana* L.). Исследования показали, что в зимний период в лесных массивах заповедника «Столбы», произрастающих в зоне контакта с городскими лесами, аккумулируется количество пыли, значительно превышающее фоновый уровень открытого пространства (Скрипальщикова, 1992).

Количество улавливаемой пыли зависит от многих факторов: высоты и плотности посадки, видового состава, морфологии листьев и их физиологического состояния, метеорологических условий, а также характеристик самой пыли. На шероховатых, опушенных или выделяющих смолистые вещества листьях пыли задерживается больше, чем на гладких. Мелкие листья обычно лучше осаждают частицы пыли, чем крупные. В центре кроны осаждается до 30% всех частиц по сравнению с ее периферийной частью. Максимальный эффект пылеочистения растительностью достигается при помощи искусственных насаждений шириной 10-30 м (Красинский, 1939; Илькун, 1971; Николаевский, 1989; Боговая, Теодоронский, 1990; Чернышенко, 1996; Зайцев, Михайлуц, 2001; Чернышенко, 2001; Неверова, 2002; Неверова, Колмогорова, 2003; Бухарина, Поварнищина; Ведерников, 2007).

Н.В. Подзоров (1967), Г.М. Илькун (1978), М. Дончева-Бонева (1996), О.В. Чернышенко (2001), L.S. Dochinger (1980), J. Supuka (1997) изучая пылеудерживающую способность растений, установили, что листья древесных растений задерживают 20-40% валового количества выпадающей пыли, что составляет 1,2-3,2 г/м² листовой поверхности. Наибольшей пылефильтрующей способностью, по данным Н.В. Подзорова (1967), обладает береза повислая. Установлено, что широколиственные породы в городе осаждают до 30% и хвойные до 42% выпавшей пыли (Dochinger, 1980). Ее количество, оседающее на древесные растения, составляет 3,93-9,89 г/м² (Supuka, 1997). Таким образом, лес может аккумулировать до 330 кг/га в год, т. е. 2,73 г/м² листовой поверхности, при общем выпадении пыли равной 1187 кг/га (Volny, Karounek, 1985). Городские насаждения шириной 5 м, примыкающие непосредственно к автомагистралям, задерживают 40-45% выпадающих пылевых частиц, а при ширине 25 м – до 70% (Дончева-Бонева, 1996).

Пыль и сажа, оседающие на листья, действуют как экран, снижающий освещенность и доступ фотосинтетически активной радиации, усиливающий поглощение тепловой радиации и нагрев листа. Запыленность воздуха нарушает работу устьичного аппарата растений. В результате продуктивность фотосинтеза растений снижается приблизительно на 20-25%. Влияние загрязненного воздуха на растение происходит как путем прямого воздействия газов на ассимиляционный аппарат (Николаевский, 1979), так и путем косвенного воздействия через почву (Иванова, Ефремова, 2008).

Пыль может оседать на всем древесном растении. Гигроскопическая пыль способна «высасывать» из листьев воду через эпидермис и таким образом понижать степень гидратации цитоплазмы, необходимую для нормального обмена веществ, что в ряде случаев приводит к усыханию листьев. Пыль, содержащая известь, как, например, выбросы цементных заводов, образует с водой на поверхности растений твердую корку, которая закрывает поры и нарушает газообмен, необходимый для нормального питания растений и процесса фотосинтеза (Чернышенко, 2001).

Осевшие на листьях и побегах пылевидные частицы опадают при колебании, сдуваются ветром или смываются осадками. Количество удаляемых частиц уменьшается с повышением шероховатости, гофрированности или бугристости листовой пластинки. Осевшие на них частицы обычно удерживаются прочно и полностью, не смываясь самым продолжительным дождем. С листьев, имеющих ровную глянцевитую поверхность, они легко удаляются (Илькун, 1978). Таким образом, почва и растения являются основными накопителями загрязняющих веществ (Израэль, 1984; Фелленберг, 1997).

Количество удерживаемых на листьях твердых частиц весьма изменчиво во времени, особенно в период выпадения осадков. Дождевая вода не полностью смывает осевшие на листья пылевидные частицы, растворяет соли и способствует их проникновению во внутренние ткани (Илькун, 1978).

Среди деревьев и кустарников выделяют три группы видов по интенсивности пылеудержания.

1. С максимальной пылефильтрующей способностью (5 г/м^2): ясень пушистый (*Fraxinus pubescens* Marsh.), клен Гиннала (*Acer Ginnala* Maxim.), тополь черный, тополь бальзамический, вяз перисто-ветвистый (*Ulmus pinnato-ramosa* Diech.), лох серебристый (*Elaeagnus argentea* Pursh.), чубушник веничный (*Philadelphus coronarius* L.), смородина золотистая (*Ribes aureum* Pursh.), яблоня сливолистная (*Malus prunifolia* (Willd.) Bogekh.), яблоня ягодная, рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), груша уссурийская (*Pyrus ussuriensis* Maxim.), береза бородавчатая, липа мелколистная, роза морщинистая.
2. Со средней пылефильтрующей способностью (до 2 г/м^2): клен остролистный (*Acer platanoides* L.), вяз гладкий, клен ясенелистный, снежногродник белый (*Symphoricarpos albus* L.), бузина черная (*Sambucus racemosa* L.), карагана древовидная.
3. С минимальной фильтрующей способностью (до $0,5 \text{ г/м}^2$): каштан конский обыкновенный (*Aesculus hippocastanum* L.), сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.).

Высокая адсорбирующая способность кустарников связана с тем, что наибольшее количество пыли выпадает именно на высоте кустарников, до 1-1,5 м. Самыми важными критериями оценки пылефильтрующей способности растений являются морфологические характеристики листьев, их биомасса, физиологическое состояние листа, расположение листьев (Чернышенко, 2001).

Газон также обладает пылеосаждающими свойствами и поэтому в последнее время в практике озеленения под него принято отводить до 60% благоустраиваемой территории. В жаркий день над нагретым асфальтом и раскаленными железными крышами домов образуются восходящие потоки теплого воздуха, поднимающие мельчайшие частицы пыли, которые долго держатся в воздухе. А над парком возникают нисходящие потоки воздуха, увлекающие пыль и осаждающие ее на листьях (Машинский, 1973; Машинский, Залогина, 1978; Лунц, 1979; Озеленение..., 1987; Машинский, 1996; Неверова, 2002; Неверова, Колмогорова, 2003).

На аккумуляционную способность влияет содержание в окружающей среде биогенных и зольных элементов. Для фитомассы, формирующейся в условиях техногенного загрязнения, характерно их высокое накопление (Безель, Большаков, Воробейчик, 1994; Коршиков, 1994; Степень, Коловский, Калачева, 1996; Шихова, 1997; Безель, Жуйкова, Позолотина, 1998; Гиниятуллин, Кулагин, Кагарманов, 1998; Чернышенко, 2001; Hrdlicka, Kula, 1998; Wyttenbach, Tobler, 2000). По данным Л.М. Кавеленовой (2006), у широколиственных древесных пород в пространстве урбосреды проявляется тенденция к снижению уровня зольности листьев (клен остролистный, дуб черешчатый, липа сердцевидная). Напротив, у березы повислой и вяза мелколистного зольность листьев возрастает. У клена ясенелистного и ясеня ланцетного наблюдалось повышение этого показателя, как в районах с повышенным уровнем загрязнения, так и в пригородных насаждениях.

Большую опасность для растений представляет адсорбция тяжелых металлов, особенно таких как – свинец, цинк, кобальт, медь, никель. При этом лучшими адсорбентами являются лишайники и мхи, затем следуют травянистые растения, хвойные и широколиственные деревья и кустарники (Макушенко, 2006).

Закономерности накопления тяжелых металлов растениями изучали многие авторы: О.А. Соколов, В.А. Черников (1999); Р.И. Винокурова (2003); А.А. Кулагин, Ю.А. Шагиева (2005); Т.В. Жуйкова, В.С. Безель (2006); М.Е. Макушенко (2006); К.Е. Ведерников (2008).

Установлено, что биоаккумуляционные свойства древесных растений видоспецифичны. По данным К.Е. Ведерникова (2008), в промышленной зоне в ассимиляционном аппарате караганы древовидной и ели колючей (в июне), клена ясенелистного и яблони ягодной (в конце вегетационного периода), липы мелколистной (в июне и сентябре) выявлены избыточные концентрации цинка, меди, свинца, молибдена, кадмия и хрома, а в магистральных насаждениях – никеля, кадмия, хрома. Для биогенных элементов (цинк, медь, марганец и молибден) установлены высокие значения коэффициента биологического поглощения.

Исследования М.Е. Макушенко (2006) свидетельствуют о том, что в наиболее загрязненных районах города содержание цинка в листьях и хвое достигает 100 мг/г сухой массы, меди – 10 мг/г. Свинец был обнаружен в травостое и лишайниках (3,5 мг/г). Из изученных видов деревьев наименее устойчивым к загрязнению тяжелыми металлами оказался тополь, при этом выяснилось, что

его пигментный аппарат наиболее подвержен воздействию атмосферных загрязнителей.

Т.В. Жуйкова и В.С. Безель (2006) изучали вынос химических элементов фитомассой травянистых растительных сообществ. Ими установлено, что концентрация металлов в надземных органах растений, как правило, меньше, чем в корневой системе. Данное явление свидетельствует о том, что поступающие в корни элементы могут прочно фиксироваться тканями и не полностью трансформировать в надземные органы. Эти ограничивающие процессы наиболее выражены при накоплении свинца в надземных органах полевицы тонкой (*Agrostis tenuis* Sibth.), меди – у бедренца камнеломки (*Pimpinella saxifrage* L.), цинка – у манжетки обыкновенной (*Alchemilla vulgaris* L.), когда возрастающие уровни металла в корнях не ведут к пропорциональному повышению их концентрации в вегетативных наземных органах растений.

Таким образом, можно заключить, что городская среда характеризуется комплексным воздействием целого ряда негативных природных и антропогенных факторов на растительный организм. Большое значение для адаптации растений к условиям урбаносреды имеют их биологические особенности. Физиолого-биохимическая устойчивость определяется индивидуальными особенностями метаболизма растений, скоростью протекания биохимических реакций, способностью аккумулировать и утилизировать ядовитые вещества (Артамонов, 1986; Николаевский, 1999; Алябышева, 2006).

1.2.3 Особенности формирования вегетативных и генеративных органов у растений, произрастающих в условиях урбаносреды

Растение представляет целостный организм, ресурсы которого распределяются между процессами репродукции и поддержанием собственного онтогенеза (Пианка, 1981). Его рост и развитие регулируется внешними и внутренними факторами, обеспечивая достижение устойчивости в онто- и филогенезе (Кириченко, 1984). Различные виды реализуют свои адаптивные стратегии, преимущественно развивая вегетативные, либо генеративные структуры в зависимости от уровня экологического стресса (Усманов, Мартынова, Усманова и др., 1991; Усманов, Ильясов, Наумова, 1995). В условиях техногенеза растения, как правило, снижают продуктивность, что выражается в снижении прироста, уменьшении размеров пыльцы, ухудшении ее свойств, снижении плодоношения (семяношения) и качества семян (Кавеленова, 2006; Wolters, Martens, 1987).

Максимальное загрязнение окружающей среды промышленностью, автотранспортом приходится на летние месяцы, июнь – июль, поэтому наибольшее изменение генеративных органов происходит у травянистых растений, в связи со сроками цветения. Древесные же растения, как правило, цветут в весенние месяцы (апрель, май) – весной – в начале лета, что является приспособлением к опылению ветром и служит преадаптационным признаком в условиях загрязнения среды.

Загрязняющие вещества в концентрациях более 1 ПДК вызывают у растений уменьшение линейного роста побегов, количества и размеров ассимиляционных органов, ускорение усыхания нижних побегов у древесных растений в насаждениях, сокращение продолжительности жизни деревьев и кустарников (Бортиц, Деслер, Эндерляйн, 1981; Меннинг, Федер, 1985; Беляева, Николаевский, 1989; Гетко, 1989).

А.Б. Савиновым, М.А. Солошенко (2002) на примере подорожника большого (*Plantago major* L.) было показано, что с увеличением интенсивности движения автомобильного потока, у растений в магистральных посадках уменьшаются размеры листовых пластинок, количество листьев, число генеративных побегов.

По данным Е.А. Алябышевой (2006), обнаружено снижение высоты растений подорожника большого, произрастающих в районах с интенсивной техногенной нагрузкой, на протяжении прегенеративного и генеративного периодов онтогенеза.

Результаты исследований О.В. Кузнецовой (2008) позволяют сделать следующие выводы: топочные факторы (увлажнение, освещенность, почвенное богатство) существенно влияют на развитие внутривидовых особенностей мятлика узколистного (*Poa angustifolia* L.) в различных ценопопуляциях. Высокие показатели развития вегетативных и генеративных побегов на мониторинговых участках Ботанического сада и биогеоэкологического стационара говорят о положительных эколого-ценотических условиях, достаточных для благоприятного существования изучаемого вида. На степной целине влияние лимитирующих факторов снижает порог вегетативного развития побегов. Повышенное содержание колосков в соцветиях генеративных побегов на этом участке, безусловно, свидетельствует о преобладании семенного возобновления над вегетативным.

Формирование и структурные особенности пыльцевых зерен изучали ряд ученых (Эрдтман, 1956; Сурова, 1975; Куприянова, Алешина, 1978; Паушева, 1980; Нокс, 1985). Качество пыльцы оценивается такими показателями как жизнеспособность (способность мужского гаметофита к росту на тканях пестика) и оплодотворяющая способность (фертильность) (Кавеленова, 2006). Наиболее высок процент фертильности в раскрывшемся цветке (фаза начала цветения), пыльники которого начали пылить. Показателями качества пыльцы являются содержание крахмала, активность пероксидазы и дегидрогеназ в пыльцевом зерне, способность окрашиваться ацетокармином (Паушева, 1980).

Загрязнение воздуха может вызвать подавление процесса формирования пыльцы, снижение переноса и жизнеспособности пыльцы, а также снижение ее прорастания, ингибировать прорастание пыльцевых трубок (Шкарлет, 1974; Частоколенко, Бондарь, Суржиков и др., 1991; Федорков, 1992; Тарбаева, Ладонина, 1994; Федорков, 1995; Тарбаева, 1998; Федорков, 1999; Wolters, Martens, 1978; Hjelmsroos, 2000). Снижение роста пыльцевой трубки происходит при снижении активности инвертазы, а снижение активности амилазы свидетельствует о подавлении мобилизации крахмала и, соответственно углеводов, в про-

цессе прорастания пыльцевых зерен. Пыльца растений из загрязненных участков характеризуется более низкой активностью кислой фосфатазы, что приводит к нарушению усвоения пыльцевой трубкой органических соединений пестицида (Бессонова, Лыженко, 1991). Активность пероксидазы может уменьшаться и увеличиваться в зависимости от устойчивости растений к загрязнителям и жизнеспособности пыльцы. Стерильность пыльцы как правило, коррелирует с уровнем загрязнения окружающей среды (Кавеленова, Елкина, Найдено, 1996; Филимонова, 2001; Кавеленова, 2006).

Р. Carinanos, J.C. Prieto, C. Galan (2000) в индустриальном районе выделили от 16 до 25 типов пыльцы, причем некоторые пыльцевые типы были установлены только в особых зонах со стойкими «островными биологическими загрязнениями» вокруг городов, что свидетельствует о анатомо-морфологических нарушениях генеративных структур.

Качество пыльцевых зерен, напрямую определяющее их способность к оплодотворению, – важнейший показатель репродуктивной биологии растений, а значит, стратегии жизни особи и популяции в целом. Нарушение микроспоро- и микрогаметогенеза является ответными реакциями растительного организма на воздействие неблагоприятных внешних факторов, поэтому они могут быть использованы для оценки экологической пластичности и толерантности репродуктивных механизмов растений (Левина, 1981; Круглова, 2006).

Н.Н. Круглова (2006) представила классификацию аномалий развивающихся пыльцевых зерен злаков:

1. Клеточные (дополнительные деления археспориальных клеток; нарушения при образовании диад и тетрад микроспор; нарушения полярности микроспоры пыльцевого зерна; нарушение процесса митотического деления микроспоры; образование многоклеточной структуры);

2. Ядерные (незавершенность в образовании синаптонемального комплекса и, как следствие, выбросы хроматина и образование микроядер либо микроспор небольших размеров; нарушения в распределении хроматина в ядре микроспоры; образование многоядерной структуры);

3. Цитоплазматические (нарушение вакуолизации микроспоры: образование вместо единой крупной вакуоли множества мелких и, как следствие, – смещение ядра в центральную часть клетки);

4. Структурно-архитектонические (нарушение ориентации микроспоры пыльцевого зерна в гнезде пыльника, аномальное состояние тканей гнезда пыльника; нарушение корреляционных связей между микроспорой пыльцевым зерном и стенкой гнезда пыльника).

Результативность опыления зависит, как от качества пыльцы, так и от эффективности механизмов ее доставки. По данным Ю.В. Батовой (2007) эффективность опыления, оцененная по величине процента семенификации, у растений лисохвоста лугового (*Alopecurus pratensis* L.) в среднем составила 38% и изменялась в зависимости от времени цветения побега и имела наиболее низкие значения у побегов, цветущих первыми, что возможно было связано с недостаточностью опыления.

Н.С. Ростова (1999, 2000), Г.М. Длусский и др. (2004), О.К. Нужнова (2008) изучали изменение морфологических структур под действием факторов среды у различных видов растений. По данным О.К. Нужновой (2008), при увеличении длины и диаметра трубки венчика, длины завязи в цветках у представителей *Asteraceae* значительно уменьшается число цветков в соцветиях и, наоборот. Полученные результаты свидетельствуют о том, что факторы среды оказывают неоднозначное влияние на изменчивость одних и тех же признаков у разных видов растений, что может быть связано как с видовыми особенностями, так и эколого-фитоценологическими условиями произрастания (Ростова, 1970).

Исследования Л.М. Кавеленовой (2006) показали, что сами изменения качества пыльцы у различных биологических объектов могут носить специфический характер (увеличение доли мелких пыльцевых зерен, стерильной, дефектной пыльцы).

Городская среда отличается своеобразием экологических факторов, специфичностью техногенных воздействий, приводящих к значительной трансформации окружающей среды. Зеленые насаждения, несмотря на то, что условия урбаносреды оказывают значительное влияние на процессы жизнедеятельности растений, играют огромную роль в оптимизации городской среды. При озеленении городской территории необходимо учитывать эколого-биологические особенности древесных и травянистых растений, их декоративные качества, средообразующий потенциал, устойчивость к комплексу негативных факторов, а также климатические условия региона, специфику промышленного производства, транспортной сети и характер застройки города.

ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ (Г. ИЖЕВСК)

2.1 Природно-климатические условия района исследований

Город Ижевск расположен в западном Предуралье, в междуречье Камы и Вятки. Площадь города 26087 га. Ижевск основан в 1760 году как поселок вокруг стоящего на реке Иж железоделательного завода (Климат Ижевска, 1979).

Ижевск находится на подзональном контакте южной тайги и хвойно-широколиственных лесов (Фокин, 1930), на границе центрального и южного климатических районов, на контакте пяти почвенных районов, на стыке трех эдафо-геоморфологических районов (Кузнецов, 1992). Таким образом, город расположен на месте пересечения различных границ, на их крестовине, или в узле рубежей (Ильминских, 1998).

С геологической точки зрения город располагается на восточной окраине Русской платформы. В районе Ижевска кристаллический фундамент находится на глубине примерно 4,5 тыс. км и сложен гнейсами и кристаллическими сланцами, возраст которых составляет от 1,6 до 1,9 млрд лет. Территорию по характеру строения рельефа можно подразделить на три крупных геоморфологических района: Левобережный, Ижевский или Низинный, Правобережный. Эти районы друг от друга отличаются не только по характеру строения рельефа, но также по набору экодинамических рельефообразующих процессов и геохимическому типу ландшафтов. Наиболее освоенным является Левобережный район городских земель (Илларионов, 1998).

Климат г. Ижевска умеренно-континентальный, с продолжительной и многоснежной зимой, теплым летом и хорошо выраженными переходными сезонами – весной и осенью (Природа Удмуртии, 1972; Макальская, 1998).

Продолжительность солнечного сияния в среднем за год составляет 1839 часов. Из-за затенения высотными зданиями в утренние и вечерние часы продолжительность солнечного сияния снижается, а также ее уменьшение происходит в связи с большим количеством пыли и дыма в атмосфере и облачностью. В зимнее время данная величина минимальна. Солнечное сияние зимой регистрируется с 8 до 15 часов и составляет 25-47 часов, что соответствует 11-20% от теоретически возможной продолжительности. Максимальная продолжительность солнечного сияния наблюдается летом, что составляет за месяц 290-295 часов (Стурман, Малькова, Загребина, 2002).

В Ижевске господствует континентальный воздух умеренных широт. Нередко происходят вторжения тропического воздуха из южных широт (Макальская, Русских, 1992). Преобладают ветры юго-западного направления. Осенью, зимой и весной повторяемость ветров этого направления составляет 33-34%. Зимой следующие по повторяемости являются южные ветры, весной – северо-западные, которые летом становятся преобладающими. В июле на долю северо-западных ветров приходится 21%, а на долю юго-западных и северо-восточных – по 16%. Среднегодовая скорость ветра составляет 4 м/с. Отклонения от этой

многолетней величины в отдельные годы составляет в среднем 0,4 м/с. Суточный ход скорости ветра хорошо выражен в теплое время года, а зимой сглажен (Макальская, 1998; Стурман, Малькова, Загребина, 2002).

Средняя годовая температура воздуха в Ижевске составляет +2,4 °С. Отклонения от нормы по годам 1-2 °С. Рост температур наиболее выражен в зимние месяцы (с декабря по март), тогда как летние температуры существенно не изменились (Будыко, 1991; Стурман, 2002). Самым холодным месяцем в году является январь. Абсолютный минимум температуры воздуха для Ижевска составляет минус 48 °С и наблюдался 31 декабря 1978 г. Суровые зимы отмечаются примерно один раз в десять лет. Более характерны, в последние годы, зимы с положительной аномалией, когда в декабре, январе и феврале наблюдаются оттепели небольшой продолжительности. Средняя дата прекращения устойчивых морозов приходится на 22 марта, после чего идет четкое чередование дневных оттепелей и морозов ночью. Средняя многолетняя дата перехода среднесуточной температуры через 0 °С – 5 апреля, самая ранняя – 26 марта, самая поздняя – 20 апреля. Весенние процессы в городе быстрее развиваются, чем в пригородной зоне. Загрязненный снег быстрее тает, освободившаяся от него почва получает больше тепла. Самый теплый месяц – июль, единственный полностью безморозный. Его средняя температура составляет +18,7 °С. В среднем раз в 5 лет средняя температура июля бывает выше 20 °С. Абсолютный максимум температуры воздуха составил 37 °С (август 1936 г. и июль 1971 г.).

Осенние заморозки в воздухе начинаются в среднем 22 сентября, самые ранние отмечены 7 сентября. Безморозный период длится в среднем 131 день с колебаниями в отдельные годы от 92 до 164 дней. Устойчивое промерзание почвы начинается в конце октября. В условиях равномерного снежного покрова глубина промерзания почвы составляет на конец ноября 37 см, достигая в марте 90 см. максимальная отмеченная глубина промерзания почвы составляет 174 см. Средняя дата полного оттаивания почвы приходится на 24 апреля (Макальская, 1998).

Территория Удмуртии, включая город Ижевск, относится к зоне достаточного увлажнения. Годовое количество осадков в городе составляет в среднем 510 мм. Наибольшая суточная сумма жидких осадков, возможная раз в 100 лет, превышает норму любого месяца и составляет в Ижевске 75 мм. Из всех осадков, выпадающих за год, 56 % составляют жидкие, 23% – твердые и 21% – смешанные (мокрый снег, снег с дождем). В зимние месяцы отмечается по 20-30 мм осадков. За лето выпадает в среднем около 180 мм. Месячный максимум падает на июль. Летние дожди чаще носят ливненный характер, а осенние – морозящие и обложные. В октябре может выпадать мокрый снег, а в ноябре преобладают твердые осадки. Для Ижевска гидротермический коэффициент составляет 1,1-1,15; что свидетельствует о том, что количество осадков превышает испарение. Первый снег выпадает во второй половине сентября, а первый снежный покров появляется в третьей декаде октября (Стурман, Малькова, Загребина, 2002).

Повышенное содержание ядер конденсации в городском воздухе, вызываемое выбросами промышленных предприятий, котельными, транспортом создают благоприятные условия для увеличения количества осадков (Климат Ижевска, 1979).

Вследствие загрязнения в городской атмосфере постоянно присутствует фактор мутности. Горизонтальная видимость в результате этого в городе в среднем на 3 км меньше по сравнению с пригородом (Бухарина, Поварницина, Ведерников, 2007).

Подробное описание климатических особенностей города содержится в ряде литературных источников (Природа Удмуртии, 1972; Климат Ижевска, 1979; Макальская, 1998; Стурман, Малькова, Загребина, 2002).

Ускорение развития промышленного и сельскохозяйственного производства, а также транспорта и многих других отраслей народного хозяйства, рост населения и усиление его миграционной активности вызвали заметные изменения во флоре (Туганаев, Пузырев, 1988). Флора города насчитывает 1344 вида, в т.ч. 650 заносных и дичающих видов, объединенных в 568 родов и 117 семейств (Баранова, Ильминских, Пузырев, Туганаев, 1992; Ильминских, Баранова, Пузырев, 1998).

2.2 Метеорологические условия в годы исследований

Основные параметры метеорологических условий 2005-2007 гг. представлены в приложении Б, табл. Б.1.

Температура воздуха в 2005 г. в феврале, марте, июне и июле была ниже (1,3-1,6 °С) по сравнению со среднемноголетними данными, в остальные месяцы выше. Осадков выпало меньше годовой среднестатистической нормы, за исключением – марта, июня, июля и декабря. В июне выпало 248% нормы осадков, т. е. этот месяц являлся не только влажным, но и более холодным, чем обычно. В весенние месяцы наблюдались значительные колебания в выпадении осадков: в марте выпало 168%, в апреле – 40% нормы, а в мае – 95%. Осенние месяцы оказались довольно сухими. Зимой преобладали юго-восточные ветры, а летом – северные. Безветренная погода преобладала в мае, июне, августе и октябре. В целом метеоусловия вегетационного периода были не достаточно благоприятными для жизнедеятельности растений.

Среднемесячные температуры воздуха в 2006 г. превышали норму, за исключением января и июля. Самым теплым из месяцев был июнь отклонение от среднемноголетней температуры +3,6 °С, а холодным – январь (-4,8 °С). Весна отличалась более высокой температурой по сравнению со среднемноголетними данными. В целом 2006 год был достаточно влажным, лишь январь, март и июнь – более сухими. В отличие от среднемноголетних данных и 2005 г. июнь выдался теплым и сухим, июль – холодным и влажным, а август и осенние месяцы теплее обычного, при обеспеченности осадками выше нормы (130 %). Ме-

теорологические условия вегетационного периода были довольно благоприятными для жизнедеятельности растений.

В 2007 г. теплее, чем обычно были январь, август, холоднее – март. Количество выпавших осадков оказалось выше среднестатистических данных, за исключением августа. Март отличался обилием осадков и холодной температурой, отклонение от нормы составило -9,6 °С. В июне отклонение от нормы по температуре воздуха составило -1,6 °С, а по осадкам – 129%. Самым жарким и сухим был август по сравнению со среднемноголетними данными. Метеорологические условия вегетационного периода были довольно неблагоприятными для жизнедеятельности растений.

При написании раздела использованы данные Докладов об экологической обстановке в г. Ижевске (2006-2008); Государственные доклады «О состоянии окружающей природной среды Удмуртской Республики» (2005-2007), материалы лаборатории мониторинга атмосферы Удмуртского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УЦГМС).

2.3 Ижевск как крупный промышленный центр

Ижевск – один из крупных промышленных городов Урала с высоким уровнем загрязнения (Туганаев, 1998). На его территории насчитывается 149 промышленных предприятий. Город вырос из заводского поселка. Выбор места размещения Ижевского завода на минимальном расстоянии на Каме, и в то же время на реке Иж, доступной для технологии строительства заводских плотин, на стыке лесного массива и сельскохозяйственного района, полностью отвечал требованиям 18 века по обеспечению завода транспортными коммуникациями, а также энергетическими, лесными, водными и трудовыми ресурсами. Более чем двухвековое инерционное развитие города и промышленного комплекса вызвало многочисленные проблемы остро стоящие перед городом в настоящее время. Расположение жилых массивов вблизи предприятий ведет к тому, что промышленные дымы загрязняют воздушное пространство при любом направлении ветра (Стурман, 1998).

Состояние окружающей среды в городе таково, что современные экологические требования не допускают размещения на городских землях новых производственных объектов. В то же время существует дефицит средств на обновление инфраструктуры промышленных предприятий и коммунального хозяйства, реконструкции транспортной сети, замены устаревших производств новыми, более эффективными, отвечающими современным экологическим требованиям (Доклад об экологической обстановке..., 2005).

По данным В.И. Стурмана и С.А. Гагарина (2002), в городе Ижевске выделяют две промышленные зоны: Центральную и Северо-восточную. Центральная промышленная зона (ОАО «Ижсталь», ОАО «Ижмаш», ТЭЦ-1) образует историческое ядро города, но в экологическом отношении расположена неудачно. Ее расположение в долине р. Иж создает повышенную повторяе-

мость неблагоприятных для рассеяния метеоусловий. Рассеяние загрязняющих веществ от высоких источников происходит так, что максимум приземных концентраций наблюдается не вблизи места выброса, а на некотором удалении от него по направлению ветра. Для горячих выбросов максимумы приземных концентраций наблюдаются на расстояниях, составляющих от 10 до 40 (в среднем 20) высот источников (Безуглая, 1980). В центральной промышленной зоне в пределах теоретически ожидаемого максимума приземных концентраций загрязняющих веществ с подветренной стороны по направлению господствующих ветров располагается крупнейшая в городе магистральная улица – Удмуртская.

Северо-восточная промышленная зона (ОАО «Буммаш», ОАО «Ижавто», ОАО «Ижевский завод пластмасс», ТЭЦ-2) создавалась с соблюдением экологических требований: на возвышенности, с подветренной стороны от селитебной зоны города. Однако со временем она чрезмерно разрослась и в ее пределах оказались жилые поселки, полностью или частично попадающие в санитарно-защитные зоны предприятий (Старки, Смирново). Вблизи Северо-восточной промзоны ведется строительство жилых кварталов микрорайона Автозавод.

Наибольший вклад в загрязнение атмосферы города от стационарных источников вносят предприятия теплоэнергетики (ТЭЦ-1; ТЭЦ-2) – 38%, черной металлургии – 36%, машиностроения – 22%, прочие – 4%. Крупнейшими предприятиями-загрязнителями атмосферного воздуха города Ижевска являются ТЭЦ-2, ТЭЦ-1, ОАО «Ижсталь», ОАО «Буммаш», ФГУП «Ижевский механический завод», ОАО «Редуктор».

Всего в г. Ижевске в 2006 г. образовалось 716,753 тыс. тонн отходов производства и потребления, что на 13,592 тыс. тонн меньше по сравнению с 2005 годом. Общий валовый выброс загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников составил 19,903 тыс. тонн (24,56% общего валового выброса), в том числе: твердых веществ – 3,540 тыс. тонн; диоксида серы – 1,913 тыс. тонн; окиси углерода – 5,488 тыс. тонн; окиси азота – 6,635 тыс. тонн; летучих органических соединений – 1,174 тыс. тонн; углеводородов – 0,215 тыс. тонн; прочие – 0,938 тыс. тонн (Доклад об экологической обстановке..., 2005-2007).

Автотранспорт остается основным источником загрязнения атмосферного воздуха в городе. Выхлопные газы автомобилей содержат свыше 200 веществ, из которых наиболее вредными являются оксид углерода (до 10% выбросов), оксиды азота (до 0,8%), несгоревшие углеводороды (до 3%), включая полициклические ароматические, а также альдегиды, тетраэтилсвинец, сернистые соединения и др. (Геохимия окружающей среды..., 1990). В Ижевске, в 2006 г., суммарный выброс от автотранспорта составил 61,12 тыс. тонн (75,44% от общего валового сброса), что на 3,6 тыс. тонн больше, чем в 2005 году. Увеличение выбросов от автотранспорта связано с увеличением парка автомашин в 2006 г., который за этот год вырос на 7807 единиц (Доклад об экологической обстановке..., 2005-2006). Выбросы основных загрязняющих веществ от автотранспорта зависят от состава топлива, типа и технического состояния автотранспорта, его режима работы (задержки у светофоров, переездов, частые остановки, езда на низких скоростях повышают загрязнение) (Стурман, Гагарин, 2002).

Помимо загрязняющих веществ, образующихся при сжигании автомобильного топлива, в окружающую среду поступают продукты износа дорожных поверхностей (минеральная пыль – продукт разрушения дорожного полотна; резиновая крошка с частицами разрушения кордового покрытия (частицы металлов никеля, кадмия, свинца, цинка, меди); асбестосодержащие частицы – от дисков сцепления, тормозных накладок). Этот тип поллютантов не нормирован и в официальной статистике не учитывается. На состояние окружающей среды специфическое воздействие оказывают шум и вибрация, вызываемые транспортными средствами. Наиболее шумными являются улицы Горького (до 83 дБ), Удмуртская, Ново-Ажимова, Азина (81 дБ), Ворошилова, Орджоникидзе, К. Либкнехта (80 дБ). Установлено, что степень токсичности химических веществ в сочетании с вибрацией и шумом значительно возрастает (для бензола – на 24,3, формальдегида – на 18, сернистого ангидрида – на 14,2, диоксида азота – на 10, 7%) (Вахитов, Гагарин, 2005; Гагарин, 2005).

Наиболее загазованной выбросами автотранспорта является центральная часть города, что связано с расположением здесь множества торговых, административных и промышленных объектов. Главные транспортные потоки движутся по крупным магистралям: улицы Удмуртская, К. Либкнехта, Ленина, Кирова, М. Горького, Пушкинская, Ново-Ажимова. В связи с постепенным вводом транспортных развязок в городе и газификацией тяжелого транспорта, интенсивность транспортных потоков несколько снизилась. Для Ижевска весьма актуальна проблема максимального использования электротранспорта (Стурман, 1998; Доклад об экологической обстановке..., 2004-2006; Вахитов, Гагарин, 2005; Стурман, 2005; Бухарина, Поварницина, Ведерников, 2007).

За период 2002-2007 гг. в Ижевске отмечается тенденция к снижению уровня загрязнения диоксидом серы и диоксидом азота и к увеличению загрязнения бенз(а)пиреном. Наметились тенденции к стабилизации загрязнения фенолом и формальдегидом. В 2006 г. на предприятиях города газопылеуловителями уловлено 17,933 тыс. тонн (47,4% от общего валового выброса) загрязняющих веществ, что на 3% выше по сравнению с 2005 г.. Валовый выброс загрязняющих веществ по сравнению с 2001 г. снизился на 5,162 тыс. тонны. Удельный выброс загрязняющих веществ на одного жителя Ижевска в 2006 г. составил 120,93 кг, в том числе: от стационарных источников – 29,71 кг и от передвижных – 91,22 кг.

В последние годы в Ижевске произошли изменения в характере территориального распределения загрязнителей: сократились выбросы от стационарных источников (за 2000-2006 гг. на одну треть), но зато усилилось негативное воздействие выбросов от автотранспорта (О состоянии окружающей среды..., 2005, 2006, 2007; Стурман, 2005; Доклад об экологической обстановке..., 2006; Бухарина, Поварницина, Ведерников, 2007).

ГЛАВА 3. МЕТОДЫ И ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Методы исследований

Исследования проведены в 2005-2007 гг., объект исследований – древесные и травянистые растения, произрастающие в городе Ижевске в составе различных экологических категорий насаждений: магистральные посадки (крупнейшие магистральные улицы Удмуртская и К. Либкнехта); санитарно-защитные зоны промышленных предприятий – ОАО «Ижсталь», «Буммаш», являющихся основными загрязнителями города. Согласно методическим подходам С.Н. Краснощековой (1987), в качестве зон условного контроля (ЗУК) выбраны территории Ботанического сада УдГУ (северная окраина города) и городского парка ландшафтного типа (центральный парк культуры и отдыха (ЦПКиО) им. С.М. Кирова) площадью 113 га, имеющего компактную нерасчлененную конфигурацию (Экологическое, лесопатологическое..., 1997).

Обработка фондовых материалов. Характеристика экологических условий г. Ижевска составлена на основе следующих данных: материалов Государственных докладов о состоянии окружающей природной среды Удмуртской Республики (2006-2008 гг.), Докладов об экологической обстановке в г. Ижевске Управления природных ресурсов и охраны окружающей среды Администрации г. Ижевска (2005-2007 гг.), материалов Удмуртского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УЦГМС) и материалов Генерального плана г. Ижевска (2005).

Полевой этап. В районах исследования проведена инвентаризация насаждений (Инструкция..., 2002) и заложены пробные площади (ПП), на которых проведены таксационные и геоботанические описания. Пробные площади закладывали регулярным способом (по 5-10 штук в каждом районе, размером не менее 0,25 га в зависимости от площади исследуемой категории насаждений) (Родин, Релизов, Базилевич, 1968; Гришина, Самойлова, 1971; Методические рекомендации..., 1981). В пределах ПП проведен отбор (по 10 растений каждого вида), нумерация учетных древесных растений и дана оценка их жизненного состояния (Николаевский, 1999). Согласно методике, по десятибалльной шкале оценивали: количество живых ветвей в кронах деревьев (P_1); степень облиственности крон (P_2); количество живых (без некрозов) листьев в кронах (P_3); среднее количество живой площади листа (P_4). После чего определяли суммарную оценку (максимально 40 баллов) состояния деревьев каждого вида. Для анализа физиолого-биохимических показателей из числа учетных, отобраны растения среднеговозрастного генеративного и хорошего (или удовлетворительного) жизненного состояния (Смирнова, Чистякова, Попатюк и др., 1990).

В пределах ПП располагали учетные площади (УП) размером 1 м² для описания травостоя, их количество зависело от размеров насаждений, расположения учетных древесных растений, гетерогенности условий произрастания. Описание травянистого покрова проводили в конце второй декады июня. На основе анализа геоботанических описаний были выделены виды, доминирую-

щие в травянистом покрове: ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.) и кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leyss) Holub), для которых проводили морфометрический анализ генеративных побегов (высота, плотность стояния) и характеристику качества пыльцы (фертильность).

В районах закладки ПП провели отбор почвенных проб (смешанная проба, составленная из индивидуально взятых проб по способу конверта) (ГОСТ 17.4.3.01-83; Методические указания..., 1996; Методические рекомендации по оценке..., 1999).

Лабораторные исследования

В лабораторных условиях определили агрохимические и физические свойства почвы: pH_{KCl} (ГОСТ 26483-91), pH_{H_2O} (ГОСТ 17.54.01-84) (на приборе АНИОН-700), органическое вещество (гумус, %) – по методу Тюрина И.В. в модификации Симакова, аммонийный азот – фотоколориметрически (КФК – 2), нитраты – ионометрическим методом (МИКОН), обменный калий (ПФА – 354) и подвижные формы фосфора (КФК – 2) – по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО, плотность сложения и полевая влажность почв – по общепринятым методикам (Аринюшкина, 1961; Практикум по агрохимии, 1987; Кузнецов, 1997). Анализ почв на содержание ионов натрия провели по ГОСТ 17.5.4.02-84; ГОСТ 26427-85 и хлора – по ГОСТ 17.5.4.02-84; ГОСТ 26425-85.

Во всех исследуемых районах проводили анализ снежного покрова. Пробы для этого отбирали в местах отбора растительных образцов в марте (Методические рекомендации по оценке..., 1999) и до оттаивания хранили в морозильной камере. Время оттаивания пробы составляло 12-18 часов. До фильтрации пробы определяли pH талой воды (ГОСТ 17.5.4.01-84), в фильтрате – содержание нитратов (ГОСТ 29270-95), ионов натрия и хлора (ГОСТ 17.5.4.02-84). После упаривания фильтрат анализировали на содержание растворимых форм тяжелых металлов на вольтамперометрическом анализаторе «Ива-5». Определяли содержание меди, кадмия, свинца (свидетельство о метрологической аттестации методики выполнения измерений, выданное Государственным Комитетом РФ по стандартизации и метрологии № 253.107/03), цинка (свидетельство № 5-95), молибдена (свидетельство № 227.01.09.131/2003), никеля (свидетельство № 6-95). Рассмотренные химические элементы являются одними из учитываемых при оценке загрязнении снежного покрова. Фоновые образцы снега нами взяты на территории лесного массива, удаленного на расстояние 60 км от г. Ижевска по Якшур-Бодьинскому тракту (у поселка Чур) и более 1 км от магистралей (в отсутствии нефтяных месторождений).

Анализ содержания основных элементов минерального питания в побегах древесных растений и их зольность проводили в период начала активной вегетации (май-июнь) и в период начала расцветивания листьев и листопада (сентябрь-октябрь), отбирая верхушечные вегетативные удлинённые побеги с нижней трети кроны южной экспозиции. В травостое в первой декаде августа дважды анализировали содержание элементов минерального питания в надземных частях и корневых системах. Растительные пробы подвергали мокрому озолению. Азот определяли фотоколориметрическим методом с использованием ре-

актива Несслера; фосфор – по Трюогу–Мейеру; калий – методом пламенной фотометрии (Руководство по..., 1982). Расчет содержания элементов проводили в % абс. сух. массы. Зольность определяли по общепринятой методике (Практикум по агрохимии, 1987).

Зимостойкость почек на годичном побеге (по 10 побегов с южной экспозиции кроны у каждого учетного растения) оценивали в марте по 6-балльной шкале (по Пашкиной, 2002).

Интенсивность фотосинтеза (ИФ) определяли бескамерным методом (Быков, 1974), который позволяет рассчитывать интенсивность процесса по количеству углеводов, образующихся в листьях на каждый грамм их исходного содержания ($\text{мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$). Мерой содержания восстановленных веществ являлась оптическая плотность раствора в области спектра 590-610 нм. Опытные образцы экспонировали в течение 4-х часов при температуре 25 ± 2 °С и освещенности 25-30 тыс. лк, которая для древесных и травянистых растений является оптимальной (Веретенников, 1980; Неверова, Колмогорова, 2003). Фиксацию и сжигание контрольного и опытного растительных образцов проводили раствором бихромата калия в серной кислоте, этот же раствор являлся раствором сравнения.

Определение водоудерживающей способности (ВС) проводилось весовым методом (Николаевский, 2002).

В течение вегетации растений анализы интенсивности фотосинтеза и ВС проводили трижды (июнь, июль, август), отбирая срединные ассимилирующие листья годичных побегов с южной экспозиции нижней трети кроны деревьев и верхнего яруса кустарников. У травянистых растений определяли ВС листьев средней части побега.

В исследуемых насаждениях проведены учеты чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) травянистого покрова (Физиология и биохимия растений, 2000).

Пылеудерживающую способность растений определяли по методике Л.М. Кавеленовой, Л.В. Кведер (2006), устанавливая количество растворимых и нерастворимых пылевых частиц на единицу площади листа, применяя раствор поверхностно-активного вещества Синтамид-5. Площадь листьев находили контурно-весовым методом (Карманова, 1976).

Повторность всех физиолого-биохимических анализов трехкратная.

Фертильность пыльцы определяли йодным методом, отличающимся быстротой, доступностью, не токсичностью применяемых реактивов (Паушева, 1970). Сбор пыльцы проводили в период массового цветения растений у ежи сборной во 2-3 декаде июня, а у костреца безостого – на неделю позже и фиксировали ее в 80%-ном спиртовом растворе. Результаты оценивали в четырех полях зрения микроскопа в четырехкратной повторности.

Анализы проводили в лаборатории физиологии и биохимии растений и лаборатории агрохимического анализа ФГОУ ВПО «Ижевская ГСХА».

Содержание химических элементов (Zn, Cu, Mn, Mo, Co, Cd, Ni, Cr, Pb) в почве и золе растений (отбор проб был проведен в сентябре в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84) определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии

(спектрометр типа СЭ-1 на базе дифракционного спектрографа ДФС-458С и регистрирующих устройств типа ФП-4, совмещенных с ПЭВМ) на базе аккредитованной лаборатории экологического контроля Казанского государственного университета (РОСС RU.0001.510958).

Обработка результатов. Математическую обработку материалов провели с применением статистического пакета «Statistica 5,5». Для интерпретации полученных материалов использовали методы описательной статистики и дисперсионный многофакторный анализ (по перекрестно-иерархической схеме, при последующей оценке различий методом множественного сравнения LSD-test).

3.2 Эколого-биологическая характеристика изучаемых видов древесных и травянистых растений

В качестве объектов исследований использованы шесть видов древесных растений и два вида, являющихся представителями травянистого покрова, экологическая характеристика которых представлена в этой главе.

При ее составлении использованы данные из работ, справочников-определителей, учебных пособий, монографий, содержащих сведения о древесных и травянистых растениях (Цвелев, 1976; Пряхин, Николаенко, 1981; Баранова, Пиотрашко, 1985; Артамонов, 1986; Горышина, 1991; Уткин, Линдеман, Некрасова, 1995; Шадрин, Ефимова, 1996; Алексеев, Жмылев, Карпухина, 1997; Булыгин, Ярмишко, 2001; Бабайцева, Емельянова, Павлов и др., 2002; Баранова, 2002; Губанов, Киселева, Новиков и др., 2002; Воскресенская, Алябышева, Копылова и др., 2004; Маслова, Головки, Табаленкова и др., 2006).

Береза повислая, поникающая или бородавчатая (*Betula pendula* Roth.). Крупное дерево до 25-35 м высотой и 0,6-0,9 м в диаметре, средний возраст 150 лет. Цветет береза одновременно с облиствением, что является одновременно фенологическим сигналом наступления разгара весны, или зеленой весны. Корневая система мощная, обеспечивает хорошую ветроустойчивость. Береза повислая имеет на листьях толстую кутикулу, благодаря этому она отличается повышенной устойчивостью к загрязняющим веществам, выбрасываемым в атмосферу промышленными предприятиями, в том числе сернистому газу. Размножается семенами. Растет быстро.

Мезофанерофит, мезофилл. Береза повислая зимостойка и засухоустойчива. Малотребовательна к почвам, может расти на бедных песчаных и каменистых почвах, проточных болотах. Светолюбива. Газоустойчива. Лекарственное, фитонцидное, бактерицидное растение. Применяется в озеленении улиц, скверов и парков.

Карагана древовидная или акация желтая (*Caragana arborescens* Lam.). Крупный листопадный кустарник, в культуре распространен повсеместно. На территории Удмуртии является интродуцентом, естественно произрастает в Сибири и Казахстане. Цветет после облиствения, в конце весны. Размно-

жается семенами, корневыми отпрысками, летними черенками, прививкой. Растет быстро.

Карагана древовидная малотребовательна к почвенным условиям, хорошо переносит уплотнение почвы, засуху и морозы. Солеустойчива. Среднетеневынослива. Газоустойчива. Не страдает от пыли. Является лекарственным растением, медоносом. Хорошо переносит интенсивную стрижку.

Старое петровское название – сибирский гороховник. Декоративный и неприхотливый вид. Используется в лесозащитных полосах, для закрепления подвижных субстратов.

Клен ясенелистный или американский (*Acer negundo* L.). Двудомное дерево второй величины, до 20 м. Зацветает до облиствения. Растет быстро, возобновляется порослью от пня и образует обильные корневые отпрыски. Прекрасно переносит стрижку. Клен ясенелистный недолговечен, редко доживает до 100 лет (в городе – до 30-50 лет). В Удмуртии – интродуцент.

Клен ясенелистный неприхотлив, устойчив к загрязнению воздуха, у него выражена способность к поглощению и накоплению свинца. Морозостоек, солеустойчив, среднетеневынослив и газоустойчив. Не страдает от пыли и дыма. Отличается широкой экологической амплитудой. Широко применяется в зеленом хозяйстве г. Ижевска.

Липа мелколистная, сердцелистная или сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.). Дерево до 28 м высоты и 1,5 м в диаметре ствола. Время зацветания липы служит общепризнанным индикатором наступления середины фенологического лета. Благодаря мощной корневой системе ветроустойчива. На корнях часто образуется микориза. Хорошо переносит стрижку. Размножается семенами. Растет медленно. В городских условиях липа мелколистная живет до 80-100 лет, тогда как в природе 200–300 лет. Хорошо поглощает двуокись серы 10 г на 10 кг сухой массы листьев. За вегетационный период накапливает до 100 кг углекислого газа в пересчете на 10 кг сухой массы листьев.

Морозоустойчива и теневынослива. Мезофанерофит, мезофил. Хороший почвоулучшитель. Очищает воздух от пыли и ароматизирует его. К почвам требовательна – нуждается в плодородных супесях и суглинках. Лекарственное, медоносное и бактерицидное растение. В Ижевске применяется во всех типах насаждений.

Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.). Дерево 15-20 м высоты. Средний возраст 60 лет. Цветет в конце весны. Хорошо выносит обрезку и обрубку до корней в любом возрасте. Размножается семенами, корневыми отпрысками, черенками, прививкой. Растет быстро. Считается символом счастья и гарантом мира в семье.

Рябина обыкновенная устойчива к морозам, засухам, промышленному загрязнению. Среднетеневынослива. Микрофанерофит, мезофил. Может расти на различных по богатству почвах, предпочитая рыхлые, достаточно увлажненные. Лекарственное, медоносное, фитонцидное, пищевое растение. Рябина довольно декоративна и прекрасно переносит городские условия, а также хорошо

чувствует себя даже в придорожных посадках с весьма интенсивным движением и вблизи промышленных предприятий, обладая пыле- и газоустойчивостью.

Произрастает в парковой зоне г. Ижевска, а также в составе насаждений специального назначения.

Тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.). Дерево североамериканских лесов. Может превышать 25 м в высоту и 1 м в диаметре, живет 150-200 лет. Корневая система поверхностная, но хорошо разветвленная, поэтому вид устойчив к ветролому и ветровалу, но из-за поражения ствола гнилями в старом возрасте подвержен ветролому. Женские особи в период плодоношения доставляет большой дискомфорт (тополиный пух). Одним из выходов считалась высадка мужских особей, однако в последнее время установлена способность тополя менять пол цветков в экстремальных условиях. Частая подрезка ведет к истощению и гибели дерева. Размножается семенами и черенками. Растет очень быстро. Культуры тополя отличаются интенсивным накоплением углерода, до 12-15 т на 1 га насаждений в год. Выражена способность к поглощению и накоплению свинца. Хорошо улавливает сернистый газ – до 180 г на 10 кг сухой массы листьев (и поэтому является неустойчивым к нему) и двуокись серы – до 18 г на 10 кг сухой массы листьев. Наиболее активный «поставщик» кислорода (выделяет около 15 т с 1 га ежегодно) и поглощает за вегетационный период 40 кг углекислоты в пересчете на 10 кг сухой массы листьев.

Достаточно морозостоек, малотребователен к почвам, устойчив к городским условиям, но относительно чувствителен к газу и дыму. Владо- и светолюбив. Фитонцидное растение.

В Ижевске широко используется в озеленении автомагистралей, санитарно-защитных зон промышленных предприятий.

Кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leyss) Holub). Многолетнее длиннокорневищное злаковое растение. Отличается высоким меристематическим потенциалом, благодаря которому растение обладает высокой конкурентоспособностью, пластичностью, что обеспечивает возможность существования в большом диапазоне экологических условий. Стебель 15-150 см высотой, высоко облиственный, в основании с цельными или частично расщепленными на простые волокна влагалищами отмерших листьев. Листовые пластинки 1-12 мм шириной, обычно голые; влагалища замкнутые, без ушек; язычок длиной 0,2-6 мм (Цвелев, 1976). И.А. Губанов, К.В. Киселева, В.С. Новиков и др., (2002) указывают более узкие диапазоны этих показателей. Метелка 15-20 см длиной, обычно с поникающими веточками, колоски 1,2-3 см длиной, трех (шести)-двенадцати цветковые; верхний цветок недоразвит. Колосковые чешуи 5-8 мм длиной. Нижняя цветковая чешуя без ости или с остью до 4 мм длиной, на спинке часто фиолетовая. Цветет кострец безостый в июне, плодоносит в июле. Размножается и распространяется семенами и вегетативно.

Геофит, мезофилл. Кострец безостый обладает исключительной приспособленностью к различным условиям увлажнения, растет на суходольных лугах, так как засухоустойчив, и на пойменных при затоплении до 50 дней. Очень морозостоек.

Используется для создания культурных пастбищ и сенокосов, для закрепления земель, подверженных смыву, входит в состав газонных смесей.

Известны многочисленные культивируемые сорта этого вида, включенные в Государственный реестр селекционных достижений: Свердловский 38, Дракон, Чишминский 3, Моршанский 760, Ульяновский 1. В Удмуртии широко используют следующие сорта: Свердловский 38, Дракон, Чишминский 3 (прил. 3).

Ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.). Многолетнее рыхлокустовое растение семейства Злаковые. Стебель 25-150 см высотой, прямой или приподнимающийся у основания. Листовые пластинки 1,5-10 мм шириной, мягкие, острошероховатые, плоские или вдоль сложенные; влагалища сильно сплюснутые, большей частью замкнутые, шероховатые; язычок 2,5-7 мм длиной, обычно сверху бахромчато надорванный. Соцветие – густая, односторонняя, обычно треугольная в очертании метелка 6-20 см длиной, с короткими и длинными веточками, отходящими от узлов по одной и несущими пучками скученных колосков. Колоски 4-8 мм длиной, 2-4 – цветковые, серовато-зеленые, часто с фиолетовым оттенком. Цветет в июне – июле, плодоносит в июле – августе. Размножается и распространяется семенами.

Гемикриптофит, мезофил. В бесснежные морозные зимы вымерзает, не любит переувлажнения почвы. В естественных условиях ежа сборная встречается на суходольных лугах, на кратко заливаемых поймах, в садах и парках. Отличается теневыносливостью.

Используется главным образом как сенокосное растение, нередко дающее по 2-3 укоса в год. Культивируется как газонная культура.

Известны культивируемые сорта этого вида, включенные в Государственный реестр селекционных достижений: Свердловская 79, Дединовская 4, ВИК-61, Ленинградская 853, Свердловчанка 86, Хлыновская. В Удмуртии широко используют сорт Дединовская 4 (приложение В, табл. В.1).

ГЛАВА 4. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ НАСАЖДЕНИЙ Г. ИЖЕВСКА

4.1 Характеристика зеленых насаждений в районах исследования

При написании данного раздела использованы материалы Комитета по земельным ресурсам и землеустройству г. Ижевска, Докладов об экологической обстановке в г. Ижевске в 2005-2007 гг., Генерального плана Ижевска (2005), монографии И.Л. Бухариной, Т.М. Поварничиной, К.Е. Ведерникова (2007), отчетов по выполнению научно-исследовательских тем по экологической оценке состояния городских насаждений, проведенных в рамках контрактов с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды УР, в которых автор принимал активное участие, а также результаты описания травянистого покрова, проведенного автором.

На территории г. Ижевска насаждения общего пользования составляют 421 га. В настоящее время озеленение г. Ижевска имеет ряд проблем. Фактическая обеспеченность города этой категории насаждений составляет 6,1 м² на одного жителя, что значительно ниже установленных санитарных нормативов (16 м²) СНиП 2.07.01-89.

Насаждений специального назначения в Ижевске также крайне недостаточно: озеленение территорий промышленных предприятий города не превышает 10-15%. Эти насаждения представляют собой хаотичные посадки и практически не выполняют санитарно-гигиенические функции.

Породный состав насаждений в основном представлен топодем бальзамическим, березой повислой, липой мелколистной и кленом ясенелистным (около 70% от общего объема городских насаждений). Среди деревьев преобладают особи в возрасте 30-50 лет и старше (до 60-70% от общего числа), что является показателем «старения» зеленого фонда города. «Старение» зеленого фонда связано с утратой физиологического потенциала и декоративных качеств насаждений. На современном этапе зеленого строительства города число удаляемых сухостойных и аварийных деревьев в несколько раз превышает темпы компенсационной высадки древесных растений (приложение Г, табл. Г.1).

Осуществленная нами инвентаризация и оценка состояния насаждений города, имеющих наибольшее экологическое значение показала, что плотность насаждений санитарно-защитной зоны предприятия «Ижсталь», являющегося одним из основных загрязнителей города, составляет 74 шт./га деревьев и 6 шт./га кустарников, а это значительно ниже нормативов для этой категории насаждений (1000 и 2200 шт./га соответственно). Общая площадь озеленения предприятия составляет 20% (норма 50). Со стороны селитебной территории отсутствует защитная полоса насаждений, которая по стандарту должна быть не менее 50 м. Таким образом, количество и качество благоустройства санитарно-защитной зоны этого предприятия требует значительной реконструкции.

Видовой состав насаждений санитарно-защитной зоны промышленного предприятия ОАО «Ижсталь» представлен 25 видами, из них 15 видов деревьев и 10 видов кустарников (приложение Д, табл. Д.1). Наиболее крупным семей-

ством, представленным в озеленении, является семейство *Betulaceae* (доля семейства составляет 27,2%). Несмотря на довольно широкий видовой состав насаждений, более других представлены лишь 3 вида древесных растений. Наибольший удельный вес в площади насаждений имеют тополь бальзамический, береза повислая и липа мелколистная. В целом в насаждениях хорошее состояние имеют 51,4% особей, удовлетворительное – 43,2%; неудовлетворительное – 5,4%. Наибольшее количество растений неудовлетворительного состояния характерно для ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* L.).

Описание травянистого покрова показало, что травостой достаточно хорошо развит, его высота 102 см, общее проективное покрытие 80%, выделяются 3 яруса. Первый ярус составляют: ежа сборная, кострец безостый, крапива двудомная (*Urtica dioica* L.), марь белая (*Chenopodium album* L.), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.); второй – герань лесная (*Geranium sylvaticum* L.), клевер луговой, мята полевая (*Mentha arvensis* L.), мятлик луговой (*Poa pratensis* L.), трехреберник непахучий (*Tripleurospermum inodorum* L.), чистотел большой (*Chelidonium majus* L.); третий – выюн полевой (*Convolvulus arvensis* L.), горец птичий (*Poligonum aviculare* L.), люцерна хмелевая (*Medicago lupulina* L.), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.), подорожник большой, полевика тонкая. По выполняемой ценотической роли отдельных видов можно судить по их проективному покрытию (приложение Е, табл. Е.1). В травянистом покрове насаждений санитарно-защитной зоны предприятия «Ижсталь» половина площадок на 25-40% покрыта кострцом безостым, а на одной десятой описываемых площадок особи этого вида отсутствовали. На остальных учитываемых площадях проективное покрытие кострца безостого составляло более 60% и в среднем составило 35%. Ежа сборная отсутствовала примерно на 70% учетных площадок, на остальных же она занимала 12-35% (в среднем 24%) описываемой площади. На одной из 6 описываемых площадок ежа сборная и кострец безостый произрастали совместно, причем последний по проективному покрытию в два раза превосходил ежу сборную (25 против 12%). Ежа сборная и кострец безостый в период описания находились в стадии выметывания (образование метелки). О наличии в травянистом покрове других видов можно судить по данным таблицы Е.1 (приложение Е).

Достаточно высокий уровень озеленения имеет район «Буммаш». Здесь застройка велась с сохранением участков естественных лесов, которые вошли во внутриквартальное озеленение. Описание травянистого покрова показало, что травостой хорошо развит, его высота в среднем 106 см, общее проективное покрытие 75%, можно выделить 3 яруса. Первый ярус составляют: бодяк полевой (*Cirsium arvense* L.), ежа сборная, кострец безостый, лопух большой (*Arcium lappa* L.), пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.); второй – вероника дубравная (*Veronica chamaedrys* L.), горошек мышиный (*Vicia sepium* L.), клевер луговой, мятлик луговой, подмаренник мягкий (*Galium mollugo* L.), редька дикая (*Raphanus raphanistrum* L.), тмин обыкновенный (*Carum carvi* L.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), чина луговая (*Vicia sepium* L.); третий – лапчатка серебристая (*Potentilla argentea* L.), люцерна серповидная

(*Medicago falcata* L.), мать-и-мачеха (*Tussilago farfara* L.), одуванчик лекарственный, подорожник средний (*Plantago media* L.). В насаждениях санитарно-защитной зоны предприятия «Буммаш» на 40% учетной площади травянистого покрова кострец безостый отсутствовал. На 1/2 учетных площадок его проективное покрытие составляло лишь 10-30%, на остальных учетных площадках – более 70%. В среднем проективное покрытие этого вида составило 21%. Ежа сборная встречалась на 10% учетных площадок и имела проективное покрытие более 50%. На учетных площадках не выявлено совместного произрастания костреца безостого и ежи сборной.

Посадки вдоль магистралей находятся в неудовлетворительном состоянии. Засоление почв, результат использования песчано-солевых смесей, складирование снега на озелененные участки приводит к образованию трещин на стволах деревьев, залому скелетных ветвей, повреждению коры и загрязнению почв нефтепродуктами. Наиболее загруженные магистрали (улицы Удмуртская и К. Либкнехта) не имеют защитных полос, что приводит к увеличению уровня шума и загазованности воздуха. Плотность магистральных посадок соответственно равна 113-134 и 1 шт./га, что далеко не соответствует принятым нормативам (150-200 для деревьев и 1500-2000 – для кустарников), к тому же древесные насаждения распределены вдоль магистралей довольно неравномерно, и на большом протяжении вообще отсутствуют.

Видовой состав магистральных посадок ул. К. Либкнехта представлен 8 видами древесных растений (приложение Д, табл. Д.2), из которых основной породой является тополь бальзамический – 87,5% от общего числа видов. Этот вид в основном представлен особями удовлетворительного (64%) и неудовлетворительного (31%) состояния. В целом в посадках хорошее состояние имеют 8,4% древесных растений, удовлетворительное – 61,9%; неудовлетворительное – 29,7%.

Описание травянистого покрова в магистральных посадках на ул. К. Либкнехта показали, что травостой хорошо развит, его высота 116 см, общее проективное покрытие 80%, выделяются 3 яруса. Первый ярус составляют: ежа сборная, кострец безостый, лопух большой, пижма обыкновенная, полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.); второй – вероника дубравная, клевер луговой, мята полевая, мятлик луговой; третий – лапчатка серебристая, мать-и-мачеха, одуванчик лекарственный, осока лисья (*Carex vulpina* L.), подорожник большой. Описания показали, что на трех из семи учетных площадок кострец безостый не произрастал, на остальных – проективное покрытие этого вида составило от 15 до 50% (в среднем составило 23%). Ежа сборная отсутствовала на 70% описываемых учетных площадок, на остальных – занимала более половины (в среднем 50%) площади. На учетных площадках не выявлено совместного произрастания этих видов.

На улице Удмуртская произрастают 25 видов древесных растений, в том числе – 18 видов деревьев и 7 – кустарников (приложение Д, табл. Д.3), но преобладают посадки из березы повислой – 39,6% от числа древесных растений.

Наибольшее количество особей неудовлетворительного состояния в этих насаждениях характерно для тополя бальзамического и липы мелколистной.

Травостой хорошо развит, его высота 107 см, общее проективное покрытие 73%, также выделяются 3 яруса. Первый ярус составляют: бодяк полевой, донник белый (*Melilotus albus Medic.*), ежа сборная, кострец безостый, лопух большой, марь белая, полынь горькая, полынь обыкновенная, райграс высокий; второй – горошек мышиный, клевер гибридный, клевер луговой, мятлик луговой, осот полевой (*Sonchus arvensis L.*), пырей ползучий (*Elytrigia repens L.*), тысячелистник обыкновенный, чистотел большой; третий – горец птичий, гравилат городской, клевер ползучий (*Trifolium repens L.*), лапчатка гусиная, люцерна хмелевая, мать-и-мачеха, одуванчик лекарственный, подорожник большой, подорожник ланцетовидный (*Plantago lanceolata L.*).

В травянистом покрове магистральных посадок ул. Удмуртская проективное покрытие костреца безостого в среднем составило 18% (интервал от 20 до 60%). Ежа сборная отсутствовала на 2/3 учетных площадок. На остальных – проективное покрытие этого вида находилось в пределах 40-90 и в среднем составило 42%. На учетных площадях не выявлено совместного произрастания костреца безостого и ежи сборной.

Парк им. Кирова является наиболее крупным в городе объектом озеленения. Естественные древостои здесь занимают 70% площади и расположены в основном в северной и северо-восточной части парка, примыкающей к лесопарковой части зеленой зоны города. Ведущими породами являются ель (55%), сосна обыкновенная (31%), береза повислая (6%). Ель (финская, сибирская) и сосна обыкновенная в основном представлены особями удовлетворительного состояния (41-42%), но и процент особей в неудовлетворительном состоянии также довольно высок и составляет соответственно 18 и 24%.

В искусственных посадках преобладают лиственные породы: береза повислая, липа мелколистная, яблоня ягодная и домашняя, карагана древовидная. Наибольшее число особей неудовлетворительного состояния характерно для караганы древовидной (50%) в основном за счет поражения мучнистой росой и клена ясенелистного (40%) за счет механических повреждений, т.к. этот вид приурочен к тропиночной сети.

В целом в насаждениях парка отмечено 29% деревьев и кустарников хорошего состояния и примерно две трети (61%) – удовлетворительного.

Описание травянистого покрова в парке им. Кирова показало, что травостой достаточно хорошо развит, его высота составляет 123 см, общее проективное покрытие 81%. В травостое выделяются 3 яруса, первый ярус составляют: ежа сборная, кострец безостый, второй – вероника дубравная, вика заборная (*Vicia sepium L.*), герань лесная, горошек мышиный, клевер луговой, люцерна луговая, манжетка, мятлик луговой, тысячелистник обыкновенный, сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria L.*), хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum L.*), чистотел большой; третий – бедренец камнеломка, гравилат городской, земляника лесная, клевер ползучий, копытень европейский, лапчатка серебристая, медуница неясная, одуванчик лекарственный, подорожник большой и

средний, полевица тонкая, развит моховой покров. В травянистом покрове насаждений парка кострец безостый отсутствовал на половине из описываемых учетных площадей. На других – его проективное покрытие колебалось в интервале от 15 до 50%, в среднем составило 20%. Ежа сборная также произрастала на половине описываемых площадок, где ее проективное покрытие находилось в интервале 20-40, а в среднем – 29%. На двух из 14 описанных площадок ежа сборная и кострец безостый произрастали совместно, имея примерно одинаковое проективное покрытие (25-30%).

Описание травянистого покрова в Ботаническом саду УдГУ показало, что травостой хорошо развит, его высота составляет 113 см, общее проективное покрытие 100%. Первый ярус составляют: ежа сборная, кострец безостый; второй – горошек мышиный, зверобой пятнистый, клевер гибридный, купырь лесной, лютик едкий, манжетка, сныть обыкновенная; третий – гравилат городской, земляника лесная, копытень европейский, медуница неясная, полевица тонкая. На половине описываемых учетных площадок кострец безостый имел проективное покрытие от 20 до 80%, которое в среднем составило 25%. Ежа сборная произрастала на всех учетных площадках, имея проективное покрытие в пределах 15-28% (в среднем 22%). Только на двух из учетных площадок ежа сборная и кострец безостый произрастали совместно, причем на одной из них доминировал кострец безостый (проективное покрытие – 80%), на другой эти виды занимали примерно равные по площади участки (соответственно 25 и 20%).

Завершая анализ состояния насаждений можно заключить, что наиболее острыми проблемами озеленения города являются: 1) сокращение площади насаждений, 2) старение зеленого фонда города, 3) компенсационное озеленение не восполняет потери от вырубki деревьев и кустарников, 4) отсутствие плана озеленения и системы мониторинга состояния насаждений.

4.2 Оценка жизненного состояния древесных растений

В районах исследования проведена оценка жизненного состояния (ЖС) видов древесных растений, преобладающих в насаждениях. Жизненное состояние оценивалось по состоянию ассимиляционного аппарата, обладающего высокой чувствительностью к уровню загрязнения (Николаевский, 1999). Согласно методике, по десятибалльной шкале оценивали: количество живых ветвей в кронах деревьев (P_1); степень облиствленности крон (P_2); количество живых (без некрозов) листьев в кронах (P_3); среднее количество живой площади листа (P_4). После чего определяли суммарную оценку (максимально 40 баллов) состояния деревьев каждого вида и проводили распределение деревьев по шкале категорий: 39-40 баллов – хорошее состояние; 35-38 – удовлетворительное; менее 35 баллов – ослабленные растения. Результаты представлены в приложении Ж, табл. Ж.1.

Высокие баллы жизненного состояния характерны для березы повислой и клена ясенелистного (рис. 1).

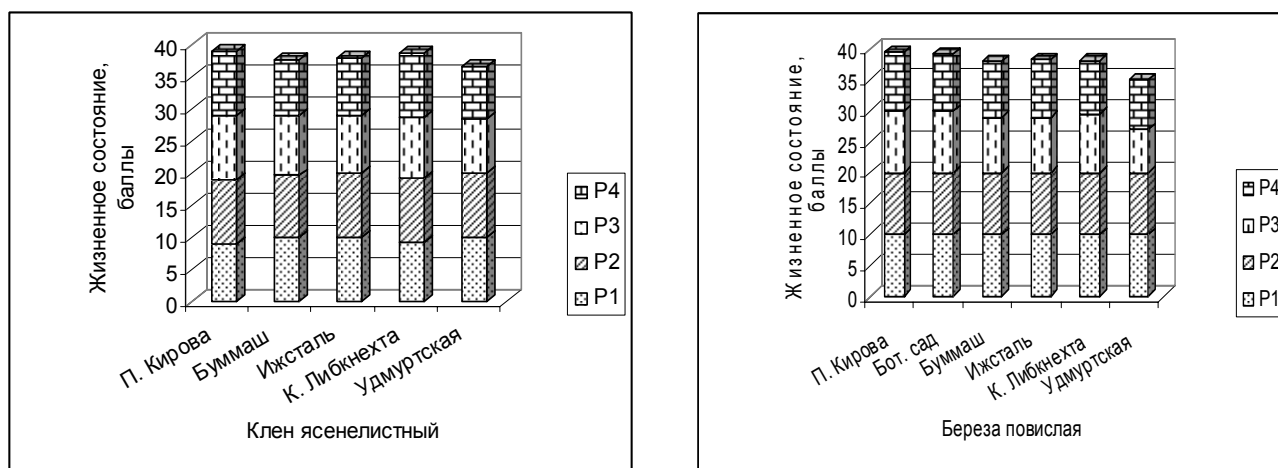


Рис. 1. Жизненное состояние березы повислой и клена ясенелистного (г. Ижевск)

Невысокий суммарный балл тополя бальзамического связан с поврежденностью листьев насекомыми – минерами (повреждение достигает 90-100%), а карагана древовидная сильно повреждена мучнистой росой.

Наибольшее количество особей с низкими баллами жизненного состояния произрастает в магистральных посадках, характеризующихся наиболее сильной степенью загрязнения атмосферного воздуха и почвенных ресурсов.

4.3 Экологическая характеристика условий произрастания растений

На растительные организмы в условиях городской среды оказывает влияние не только уровень техногенного загрязнения, а целый комплекс факторов. В связи с этим нами составлена экологическая характеристика условий произрастания изучаемых видов растений. При ее составлении использованы материалы зонирования города по уровню загрязнения почв и воздуха (данные Геоэкологической лаборатории Удмуртского государственного университета; материалы Удмуртского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УЦГМС); Стурман, Гагарин, 2002; Стурман, Загребина, 2002; Бухарина, Поварничина, Ведерников, 2007), результаты исследований почв и снежного покрова города, проведенных Н.Г. Рыловой (2003), а также оригинальные материалы анализов образцов почв и снежного покрова, отобранных нами в местах произрастания учетных растений.

В экологической практике для оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха используется комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА). Он учитывает приоритетные загрязняющие вещества, присутствующие в воздухе (Методика расчета..., 1987). В годы проведения исследований (2005-2007 гг.) в целом по городу этот показатель составил 13,68-7,48, что указывает на повышенный и высокий уровень загрязнения атмосферы. Низкое качество атмо-

сферного воздуха объясняется высоким содержанием бенз(а)пирена (ИЗА = 4,94-3,95) и формальдегида (ИЗА = 6,79-3,70). Кроме того, в число учитываемых примесей входят диоксид азота (ИЗА = 0,92-0,57) и оксид углерода (ИЗА = 0,62-0,38). На рисунках 2-5 представлены материалы картирования города по уровню содержания взвешенных веществ, оксидов азота и углерода в атмосферном воздухе, показателю ИЗА.

ЦПКиО им. С.М. Кирова представляет собой городской парк ландшафтного типа площадью 113 га, имеющий компактную нерасчлененную конфигурацию и расположенный в стороне от преобладающих в Ижевске ветров (Ю-З).

Парк расположен в зоне с пониженным значением ИЗА, основной вклад в который вносит содержание в воздухе NO_2 . В годы исследований индекс загрязнения атмосферы в данном районе равнялся 5,21-3,10.

Территория парка характеризуется преобладанием супесчаных дерново-подзолистых почв, имеющих кислотность, равную 6,1, с высоким содержанием органических веществ (гумуса) (5-8% и более), подвижного фосфора (148) и обменного калия (166 мг/кг почвы) (Экологическое..., 1997). В почвах было зафиксировано очень высокое содержание железа, в 50-100 раз превышающее фоновые показатели. В целом почвы характеризуются средней уплотненностью. Н.Г. Рылова (2003) относит почвы этого района к наименее трансформированным в городе и характеризует их уровень загрязнения как допустимый ($Z_c = 8-16$).

Проведенный нами анализ почвы и снега показал, что снежный покров имеет кислотность, равную 7,1 (что выше ранее приводимых значений – 6,8), содержит 1,15 мг/дм³ пыли и незначительное количество ионов хлора и тяжелых металлов. Обменная кислотность почв, равна 6,10 ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 6,96$) и нормальная плотность сложения, полевая влажность 15,28-23,85% (в зависимости от почвенного горизонта). Выявлено среднее и высокое содержание гумуса, подвижного фосфора, обменного калия, аммонийного азота и очень низкое содержание нитратного азота.

Ботанический сад Удмуртского государственного университета расположен на северной окраине г. Ижевска на дерново-подзолистых супесчаных почвах со слабокислой реакцией среды. Растительность типична для зоны смешанных темнохвойных лесов.

В местах взятия растительных образцов почвы характеризуются кислой реакцией ($\text{pH}_{\text{KCl}} = 4,53$, $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 5,60$), нормальной плотностью сложения (1,14-1,18 г/см³), полевой влажностью 33,03-38,84%. Почвы содержат 4% органического вещества (гумуса); P_2O_5 – 48,35; K_2O – 108,59; NH_4^+ – 271,25; NO_3^- – 5,50 мг/кг почвы. Элементов питания в почве в июне содержится значительно больше, чем в июле, что, вероятно, связано с поглощением их растениями в течение вегетации. В почве также обнаружены ионы Cl^- и Na^+ в количестве 0,13 и 0,06 ммоль/100г соответственно.

Кислотность снеговой воды составляет 5,92. Также в ней выявлено незначительное количество тяжелых металлов (Cu, Cd, Pb, Ni), содержание пыли – 1,02 мг/дм³, ионов Cl^- – 0,02 ммоль/дм³.

В целом зоны условного контроля характеризуются слабокислой (Ботанический сад УдГУ) и близкой к нейтральной (ЦПКиО им. С.М. Кирова) актуальной кислотностью почв. Содержание нитратного азота в почвах – низкое и среднее, амонийного азота – низкое, обменного калия и фосфора – высокое, гумуса (органическое вещество) – среднее.

Санитарно-защитная зона предприятия Буммаш ОАО «Буммаш» является одним из ведущих предприятий, загрязняющих атмосферный воздух Ижевска. Предприятие расположено в северо-восточной части г. Ижевска в зоне повышенных значений ИЗА.

В годы исследований ИЗА составил 15,85-9,24. Приоритетными загрязнителями воздуха в этом районе являются бенз(а)пирен, формальдегид, СО, NO₂ и взвешенные вещества. Максимальная разовая концентрация формальдегида в отдельные месяцы достигала 1,3 ПДК, а диоксида азота – 2,2 ПДК.

Почвы в этом районе характеризуются допустимым и умеренно опасным уровнем загрязнения – Zс = 8-16 и 16-32. В местах взятия растительных образцов почвы имеют среднее и низкое содержание тяжелых металлов, за исключением Си (повышенное). Для почв характерна щелочная реакция (рН_{KCl} = 7,58, рН_{H2O} = 8,15), среднее содержание органического вещества (3,78%), высокое – подвижного фосфора, обменного калия и аммонийного азота (197,67; 152,55 и 145,67 мг/кг почвы соответственно), низкое – нитратного азота (6,52 мг/кг почвы). Почвы слабо уплотнены (1,24 г/см³) и имеют низкую полевую влажность (12,92%).

Н.Г. Рыловой (2003) для данного района отмечен допустимый уровень загрязнения снежного покрова. По нашим же данным, снежный покров имеет содержание ионов хлора и натрия на порядок выше, чем в фоновых образцах, а также максимальное в городе содержание цинка (1885 мг/л).

Санитарно-защитная зона предприятия Ижсталь ОАО «Ижсталь» также является одним из ведущих предприятий-загрязнителей атмосферного воздуха, несмотря на введение современных технологий. Предприятие расположено в центральной части города, где вследствие образования «острова тепла» и наличия городских бризов происходит скопление загрязненных воздушных масс, и отмечаются повышенные показатели ИЗА, при этом создаются весьма неблагоприятные условия для жизнедеятельности растений.

Рассчитанный нами индекс загрязнения атмосферы для данной территории составил 9,20-13,12, основной вклад в который внесли бенз(а)пирен, формальдегид и СО. В годы исследований здесь отмечено неоднократное превышение ПДК по оксиду углерода.

Почвы данного района весной характеризуются высоким содержанием тяжелых металлов. К концу вегетационного периода происходит увеличение химических элементов практически в два раза, и концентрации характеризуются как очень высокие, что согласуются с данными Н.Г. Рыловой (2003).

В местах взятия растительных образцов почвы имели обменную кислотность 6,95 (рН_{H2O} = 7,93), содержание органического вещества – 2,17%, NH₄⁺ – 107,27; NO₃⁻ – 18,18; P₂O₅ – 270,56; K₂O – 170,27 мг/кг почвы. Для почв харак-

терна слабая уплотненность и низкая полевая влажность 15,65% в июне и 29,39% в июле.

Н.Г. Рыловой (2003) установлен высокий суммарный показатель загрязнения снежного покрова в данном районе. Ежесуточно на 1 м² снежного покрова в среднем поступает 13,3-47,7 мг железа, 0,93-3,45 – цинка и 53-248 – меди. Наши данные также подтвердили, что в снежном покрове СЗЗ предприятия Ижсталь самое высокое в городе содержание пыли, ионов хлора и натрия, а также тяжелых металлов.

В санитарно-защитных зонах промышленных предприятий почвы в основном среднещелочные (за исключением предприятия Буммаш), за годы исследований наблюдался рост значений рН_{Н2О} в этих районах. Содержание нитратного азота в урбаногемах исследуемых санитарных зон низкое, за исключением предприятия Ижсталь. Содержание аммонийного азота в почвах насаждений СЗЗ промышленных предприятий также низкое. Почвы характеризуются высоким содержанием калия и фосфора (в слое почвы 30-50 см), а также средней обеспеченностью гумусом.

Улица Удмуртская является одной из самых оживленных магистралей города. Участок характеризуется интенсивным движением автотранспорта (интенсивность движения 2800 шт. авт./ч), здесь расположено 18 перекрестков, на 5 из которых установлены светофоры. Как известно, замедление движения на перекрестках и в районе остановок общественного транспорта приводит к максимальным выхлопам двигателей (Алексеев, 2000).

Магистраль расположена в зоне повышенных значений ИЗА, высоких концентраций в воздухе СО (> 0,5 ПДК) и взвешенных веществ (> 0,3-0,4 ПДК). Уровень шума составляет 81 дБ (Вахитов, Гагарин, 2005).

Состояние атмосферного воздуха отличалось высокими показателями ИЗА: 11,91-9,35, существенный вклад в его формирование внесли бенз(а)пирен, формальдегид и NO₂, по которым отмечено неоднократное превышение ПДК.

Почва в местах взятия растительных образцов имеет значение рН_{КСl}, равное 6,63 (рН_{Н2О} = 7,83). Содержание органического вещества (гумуса) в почве составляет 2,29%. Основные элементы минерального питания характеризуются высоким содержанием, за исключением очень низких концентраций нитратного азота – 5,37 мг/кг почвы. Почвы имеют нормальную плотность сложения, но низкую полевую влажность.

Снежный покров в рассматриваемом районе характеризуется щелочной реакцией (рН = 7,6), содержанием пыли – 1,28 мг/дм³, ионов хлора и натрия 0,35 и 0,53 ммоль/дм³ соответственно. Высокое содержание ионов Cl⁻ и Na⁺ можно объяснить применением антигололедных смесей. Также в снежном покрове выявлена значительная концентрация тяжелых металлов, в 2-45 раз превышающая фоновые показатели.

Улица К. Либкнехта относится к одной из центральных магистралей г. Ижевска. На исследуемом участке имеет место интенсивное движение автотранспорта, расположены 5 перекрестков и 3 остановки общественного транспорта, интенсивность движения составляет 970 шт. авт./ч.

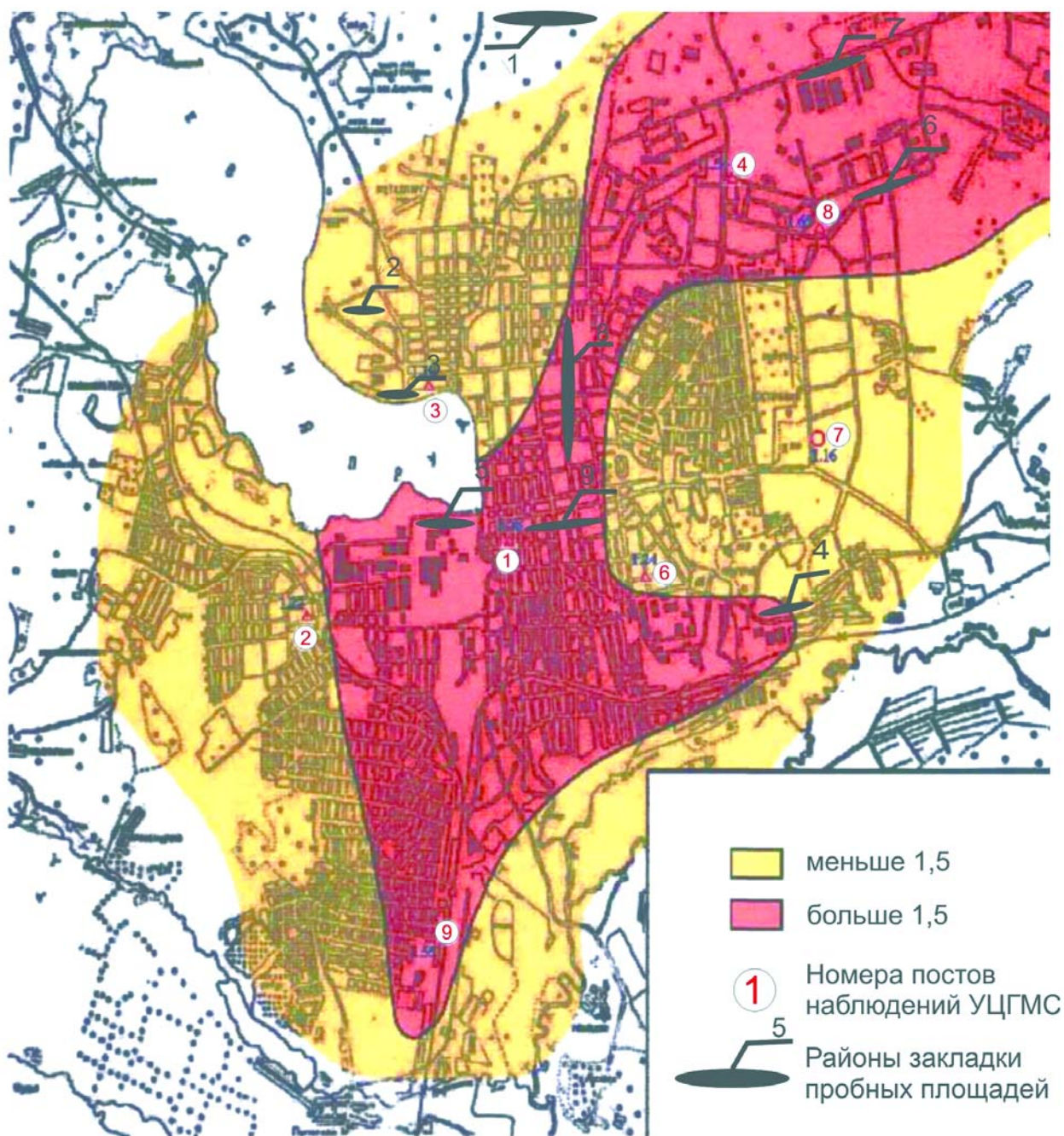


Рис. 2. Схематическая карта распределения среднегодовых значений ИЗА (по данным В.И Стурмана (2000))

Примечание. Районы закладки пробных площадей: Ботанический сад Удмуртского государственного университета – 1; ЦПКиО им. С.М. Кирова – 2; Ижсталь – 5; Буммаш – 7; ул. Удмуртская – 8; ул. К. Либкнехта – 9.

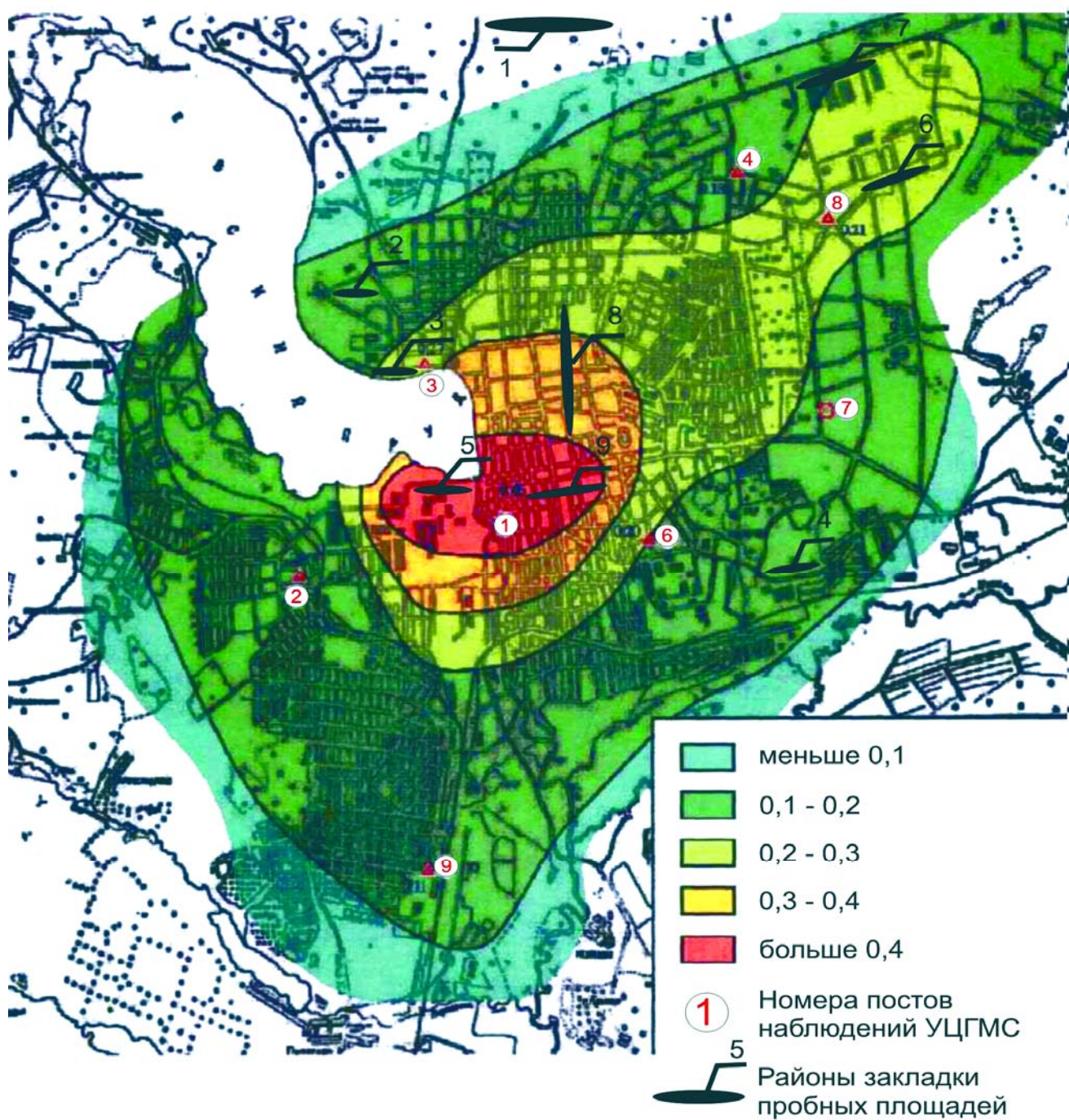


Рис. 3. Схематическая карта распределения среднегодовых концентраций взвешенных веществ (в долях ПДК, по данным В.И Стурмана (2000))

Примечание. Районы закладки пробных площадей: Ботанический сад Удмуртского государственного университета – 1; ЦПКиО им. С.М. Кирова – 2; Ижсталь – 5; Буммаш – 7; ул. Удмуртская – 8; ул. К. Либкнехта – 9.

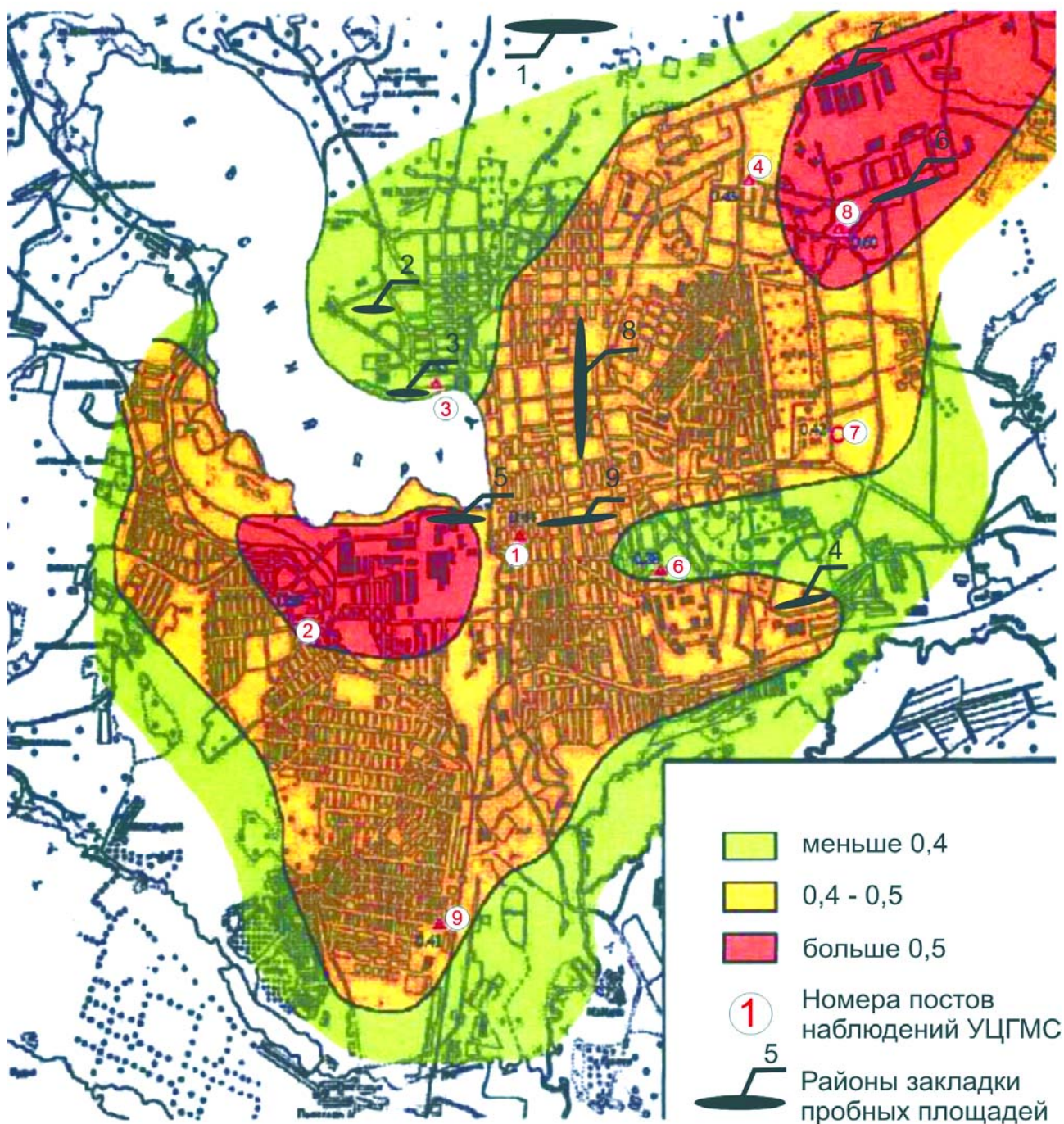


Рис. 4. Схематическая карта распределения среднегодовых концентраций оксида углерода (в долях ПДК, по данным В.И Стурмана (2000))

Примечание. Районы закладки пробных площадей: Ботанический сад Удмуртского государственного университета – 1; ЦПКиО им. С.М. Кирова – 2; Ижсталь – 5; Буммаш – 7; ул. Удмуртская – 8; ул. К. Либкнехта – 9.

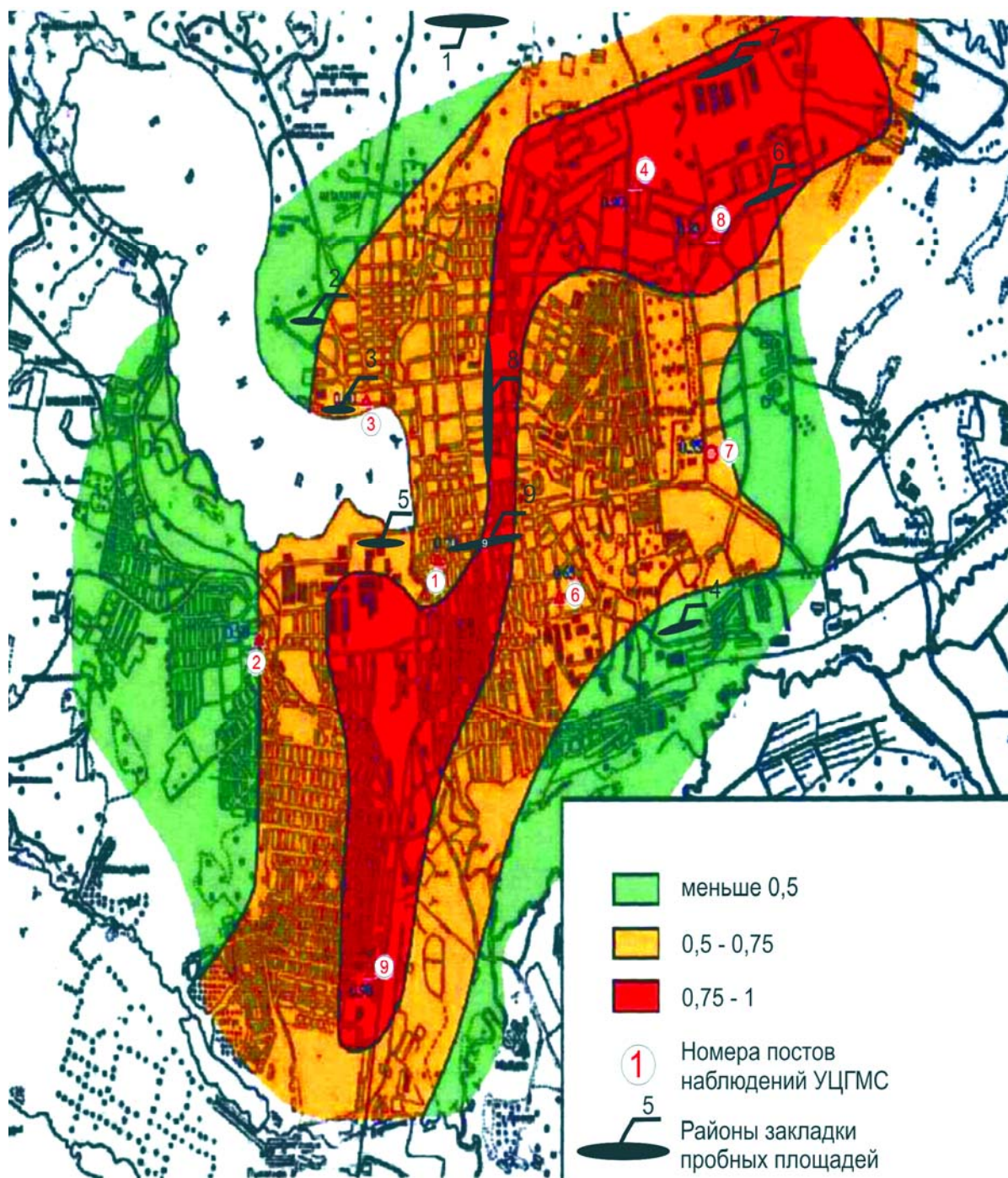


Рис. 5. Схематическая карта распределения среднегодовых концентраций оксида азота (в долях ПДК, по данным В.И Стурмана (2000))

Примечание. Районы закладки пробных площадей: Ботанический сад Удмуртского государственного университета – 1; ЦПКиО им. С.М. Кирова – 2; Ижсталь – 5; Буммаш – 7; ул. Удмуртская – 8; ул. К. Либкнехта – 9.

Магистраль находится в зоне повышенных значений ИЗА, высоких концентраций в воздухе СО (0,4-0,5 ПДК) и взвешенных веществ (от 0,2-0,3 до > 0,3-0,4 ПДК). Уровень шума составляет 80 дБ (Вахитов, Гагарин, 2005).

В годы исследований в этом районе установлены высокие значения ИЗА, приоритетный вклад в который внесли бенз(а)пирен, формальдегид и СО. Для последних в этот период отмечено неоднократное превышение ПДК.

Почвы в районе ул. К. Либкнехта имеют умеренно-опасный уровень загрязнения ($Z_c = 16-32$). Содержание тяжелых металлов характеризуется как среднее. В местах взятия растительных образцов для почв характерна обменная кислотность, равная 6,40 ($pH_{H_2O} = 7,18$), очень высокое содержание органического вещества (гумуса), подвижного фосфора, обменного калия, аммонийного азота (182,31; 212,90 и 176,87 соответственно) и низкое – нитратного азота (8,80 мг/кг почвы). Установленное высокое содержание органического вещества (10,08%) может быть связано с накоплением в почвах углеродсодержащих соединений транспортных выбросов. Для почв характерна нормальная плотность сложения и, также как и в других районах, низкая полевая влажность.

Снежный покров в данном районе характеризуется нейтральной реакцией ($pH = 6,98$), высоким содержанием пыли – 1,53 мг/дм³ и хлорид-ионов – 0,05 мг/дм³. Выявлено загрязнение снежного покрова тяжелыми металлами (Cu, Cd, Pb, Ni), особенно Zn.

Кроме наличия загрязняющих веществ в воздухе, почвах и снежном покрове неблагоприятным для древесных насаждений фактором в магистральных посадках являются повышенные температуры, освещение в ночное время, значительная высота и плотность снежного покрова в зимний период.

В почвах магистральных посадок очень низкое содержание нитратного азота, а содержание аммонийного азота характеризуется как повышенное. Концентрация органических веществ (гумуса) в почвах магистральных посадок по ул. К. Либкнехта очень высока (10,08%), что может быть объяснено не столько почвенными процессами, сколько накоплением углеродсодержащих соединений промышленных и транспортных выбросов в почвах районов с высоким уровнем техногенного загрязнения.

Таким образом, можно заключить, что в санитарно-защитных зонах и особенно вдоль магистралей наблюдается высокий уровень загрязнения почв, снежного покрова и более высокие значения суммарного индекса загрязнения атмосферы по сравнению с пригородной и парковой зонами. Агрохимические и физические свойства почв в этих районах также существенно отличаются от зон условного контроля: возрастают значения pH, изменяется содержание элементов минерального питания, снижается влажность почв. В магистральных посадках для почв характерно довольно высокое содержание ионов натрия и хлора, а также органических веществ. Следовательно, относительно низкая степень техногенной нагрузки характерна для пригородной и парковой зон, которые выбраны нами в качестве зон условного контроля. Сложная экологическая обстановка характерна для санитарно-защитных зон предприятий «Ижсталь», «Буммаш», а наиболее неблагоприятная – складывается вдоль магистралей.

ГЛАВА 5. ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСТЕНИЙ В НАСАЖДЕНИЯХ РАЗНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАТЕГОРИЙ

В главе представлен анализ физиологических показателей березы повислой и клена ясенелистного, отличающихся наиболее высокими баллами жизненного состояния (по показателям ассимиляционного аппарата), а также костреца безостого и ежи сборной, доминирующих в травостое исследуемых насаждений.

5.1 Ассимиляционная активность растений

Значимым показателем функционального состояния растений является их ассимиляционная активность. Нами проведено изучение динамики фотосинтеза у деревьев и травянистых растений, произрастающих в различных структурно-функциональных насаждениях города.

Интенсивность фотосинтеза (ИФ) определяли бескамерным методом (Быков, 1974; доп. Неверовой, Колмогоровой, 2003), который позволяет рассчитывать интенсивность процесса по количеству углеводов, образующихся в листьях на каждый грамм их исходного содержания. ИФ определяли трижды в течение вегетации растений.

Дисперсионный многофакторный анализ результатов исследований 2006 г. показал, что на интенсивность фотосинтеза древесных растений достоверное влияние оказали условия места произрастания ($P = 3,34 \cdot 10^{-6}$), сроки вегетации ($P = 1,3 \cdot 10^{-4}$) и их взаимодействие ($P = 1,18 \cdot 10^{-9}$), аналогично взаимодействию видовых особенностей и условий мест произрастания ($P = 3,52 \cdot 10^{-3}$), а также взаимодействие всех изучаемых факторов ($P = 3,38 \cdot 10^{-4}$) (приложение И, табл. И.1). В период активной вегетации растений этот год был довольно благоприятным по метеорологическим условиям, отличался умеренной влажностью и стабильными температурами, незначительно превышающими средне многолетние значения.

По обобщенным данным самая высокая интенсивность фотосинтеза у древесных растений наблюдалась в СЗЗ промышленных предприятий ($17,24 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$), тогда как в магистральных посадках этот показатель не имел достоверных различий с зонами условного контроля (приложение И, табл. И.2). Предположительно, в зоне влияния промышленных предприятий на растения воздействует допустимый уровень загрязнения, большинство тяжелых металлов, к примеру, являются биогенными элементами, что ведет к некоторому росту ИФ, что отмечалось и в исследованиях других авторов (Илькун, 1978; Веретенников, 1980; Тарабрин, Кондратюк, Башкатов, 1986; Голубева, 1999; Поварницина, 2007; Бухарина, Поварницина, Ведерников, 2007).

Ассимиляционная активность древесных растений меняется в течение вегетации. Обобщив полученные данные, установлено, что она более высока в период завершения формирования листового аппарата (июнь), в сравнении с последующими месяцами (на 7,36 и 10,83 $\text{мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ соответственно) (приложе-

ние И, табл. И.3). Хотя в разных типах насаждений динамика несколько отличается: в СЗЗ промышленных предприятий самые высокие значения интенсивности фотосинтеза отмечаются в июне ($36,75 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$), в магистральных посадках – в августе ($12,82 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$), а в насаждениях зон условного контроля ИФ в июне и июле находится примерно на одном уровне ($10,59$ и $7,07 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ соответственно) и существенно снижается лишь в августе (приложение И, табл. И.4, рис. 6).

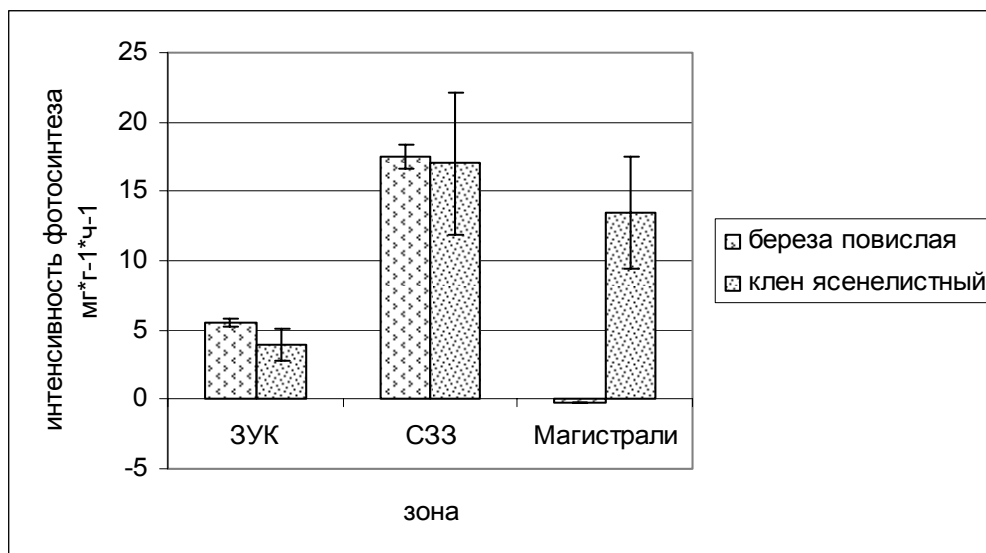


Рис. 6. Динамика интенсивности фотосинтеза у древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах города (г. Ижевск, 2006): ЗУК – зоны условного контроля; СЗЗ – насаждения санитарно-защитных зон промышленных предприятий; Магистраль – магистральные посадки

Анализ видовых особенностей ассимиляции растений в разных типах насаждений показал, что у березы повислой самые высокие показатели ИФ наблюдаются в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий (рис. 7) ($17,48$) по сравнению с ЗУК ($5,55$) и магистральными посадками ($-0,27 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$). У клена ясенелистного наименьшие значения ИФ отмечены в ЗУК ($3,90$), по сравнению с насаждениями СЗЗ промышленных предприятий ($17,01$) и магистральными посадками ($13,51 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$) (приложение И, табл. И.5). В то же время в условиях наибольшей техногенной нагрузки – в магистральных посадках – у березы повислой интенсивность фотосинтеза значительно ниже, чем у клена ясенелистного (на $13,78 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$, при $P = 1,69 \cdot 10^{-4}$). В насаждениях парковой и пригородной зоны, а также санитарно-защитных зон промышленных предприятий эти виды не имеют достоверных различий показателя ассимиляционной активности.

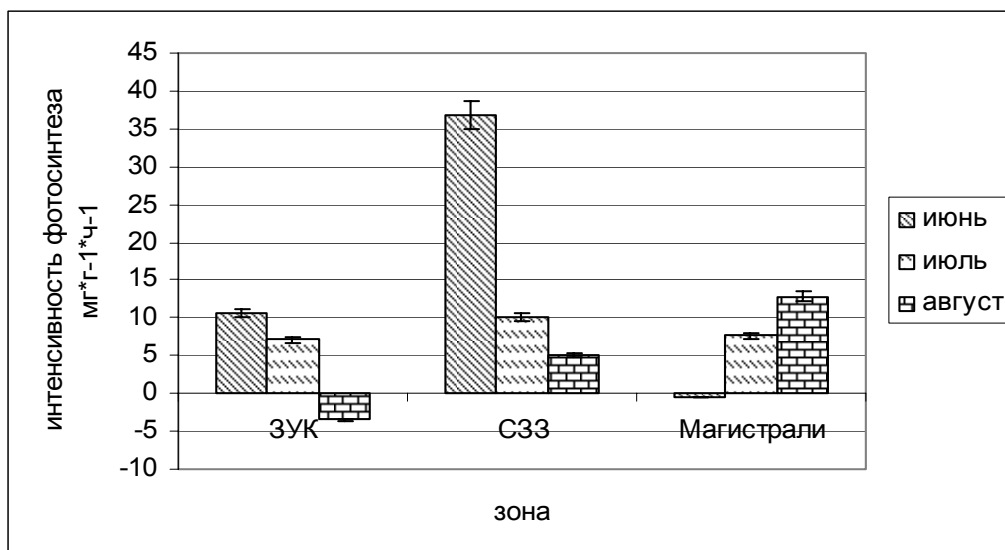


Рис. 7. Интенсивность фотосинтеза у березы повислой и клена ясенелистного, произрастающих в различных насаждениях города (г. Ижевск, 2006): ЗУК – зоны условного контроля; СЗЗ – насаждения санитарно-защитных зон промышленных предприятий; Магистральные – магистральные посадки

Анализ влияния взаимодействия видовых особенностей, условий мест произрастания и периода вегетации на показатель интенсивности фотосинтеза показал следующее: в июне у березы повислой показатель ИФ в СЗЗ промышленных предприятий выше (на $34,57$ при $P = 2,02 \cdot 10^{-7}$), а в магистральных посадках – ниже (на $25,98$ при $P = 4,91 \cdot 10^{-5}$), чем в ЗУК ($12,70 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$); в июле и августе достоверные различия у растений, произрастающих в разных типах насаждений, уже отсутствуют (рис. 8). Причем у особей, произрастающих в ЗУК, в течение вегетации ИФ сохраняется на одном уровне. В СЗЗ промышленных предприятий фотосинтетическая деятельность наиболее активна в июне, а в последующие месяцы она снижалась и находилась примерно на одном уровне. У растений в магистральных посадках достоверное повышение показателя ИФ наблюдается лишь в августе. У клена ясенелистного в июне (приложение И, табл. И.6) показатель ИФ в насаждениях санитарно-защитных зон превосходит зону условного контроля (на $17,74 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$, при $P = 4,29 \cdot 10^{-3}$), в июле – достоверных различий ИФ особей в разных типах насаждений не выявлено. В августе по ассимиляционной активности растения в насаждениях промышленных зон ($14,65$) и магистральных посадок ($15,79$) значительно превосходят особи, произрастающие в парковой зоне, где у клена ясенелистного в этот период даже установлен отрицательный баланс ассимиляции ($-7,66 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$).

Особо следует отметить, что самые низкие значения показателя ИФ у обоих видов древесных растений наблюдались в июне в магистральных посадках на улице Удмуртская, где выявлен отрицательный баланс ассимиляционной деятельности растений (табл. 1).

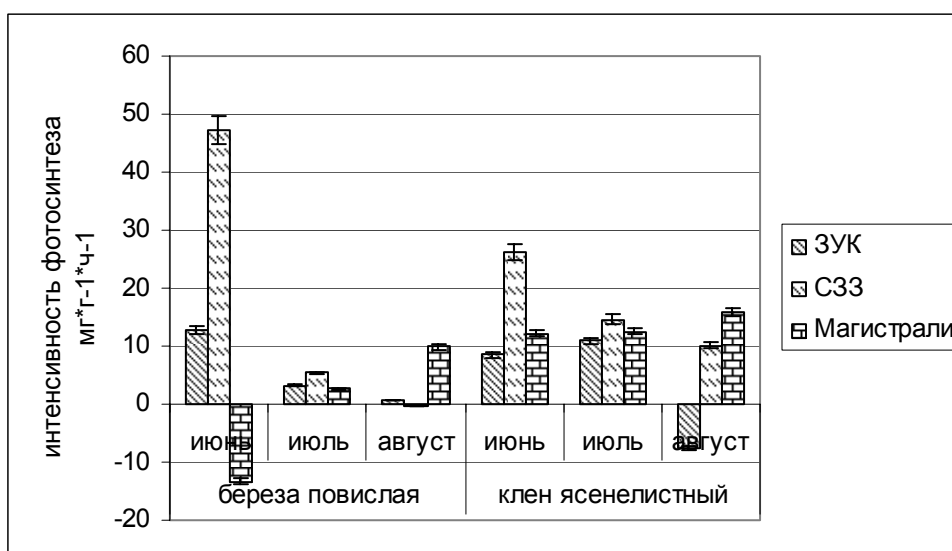


Рис. 8. Динамика интенсивности фотосинтеза у березы повислой и клена ясенелистного, произрастающих в насаждениях различных функциональных зон (г. Ижевск, 2006):

ЗУК – зоны условного контроля; СЗЗ – насаждения санитарно-защитных зон промышленных предприятий; Магистраль – магистральные посадки

Таблица 1. Интенсивность фотосинтеза у березы повислой и клена ясенелистного, произрастающих в районах с разной степенью техногенной нагрузки, $\text{мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ (г. Ижевск, 2006 г.)

Месяц вегетации	Районы исследований					
	Бот. сад Уд- ГУ	П. им. Кирова	Буммаш	Ижсталь	ул. Удмурт- ская	ул. К. Либк- нехта
Береза повислая						
Июнь	*20,3±14,2 -40,7...81,4	5,1±14,1 -55,4...65,6	58,9±6,8 29,5...88,4	35,6±9,9 -7,13...78,3	-54,9±7,5 -87,3...-22,6	28,4±4,9 7,4...49,4
Июль	14,2±2,3 4,3...24,2	-7,7±4,0 -24,9...9,5	1,6±1,9 -6,6...9,8	9,2±10,2 -34,8...53,2	-10,7±0,4 -12,4...-8,9	15,9±7,2 -14,9...46,8
Август	-4,7±0,3 -5,9...-3,5	6,1±11,2 -42,2...54,3	7,3±6,5 -20,5...35,1	-7,8±3,9 -24,7...9,1	14,7±4,6 -5,0...34,5	4,9±3,2 -8,9...18,8
Клен ясенелистный						
Июнь	8,5±1,9 0,1...16,8	8,5±1,9 0,1...16,8	27,7±3,0 14,8...40,6	24,7±7,0 -5,6...55,1	-11,8±0,3 -12,9...-10,5	36,1±1,9 27,9...44,2
Июль	10,9±3,7 -5,1...26,9	10,9±3,7 -5,1...26,9	15,8±2,5 5,1...26,4	13,5±5,01 -8,1...35,1	2,3±1,9 -5,9...10,5	22,8±6,9 -7,2...52,8
Август	-7,7±2,1 -16,7...1,4	-7,7±2,1 -16,7...1,4	21,8±7,8 -11,8...55,4	-1,5±5,4 -24,9...21,9	24,5±0,8 21,2...27,9	7,0±0,7 3,9...10,2

Примечание. * – указаны среднее значение, ошибка среднего значения, доверительный интервал для среднего значения ($P < 0,05$).

Анализируя результаты ассимиляционной активности представителей древесных растений, можно заключить, что в 2006 г. самые высокие показатели

ИФ наблюдаются в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий в июне. Это свидетельствует о том, что в условиях техногенной нагрузки в начале вегетационного периода береза повислая и клен ясенелистный способны относительно полноценно выполнять средорегулирующие функции, затем их экологический потенциал значительно снижается.

В 2007 г. в период вегетации растений отмечены обильное выпадение осадков, превышающее среднемноголетние данные, и температуры ниже нормы. Дисперсионный многофакторный анализ показал, что на интенсивность фотосинтеза древесных растений в этом году достоверное влияние оказали сроки вегетации ($P = 1,36 \cdot 10^{-4}$); а также взаимодействие видовых особенностей и условий мест произрастания ($P = 0,033$) (приложение К, табл. К.1).

По обобщенным данным самые низкие показатели ИФ наблюдались в июне ($4,75 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$), а показатели за июль и август существенных различий не имели (приложение К, табл. К.2).

У березы повислой резкое снижение ассимиляционной активности наблюдалось в магистральных посадках (на $3,41$ и $2,40 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$), что ниже, чем в зонах условного контроля и СЗЗ промышленных предприятий соответственно. Клен ясенелистный в разных условиях произрастания достоверных различий по изучаемому показателю не имел (рис. 9) (приложение К, табл. К.3).

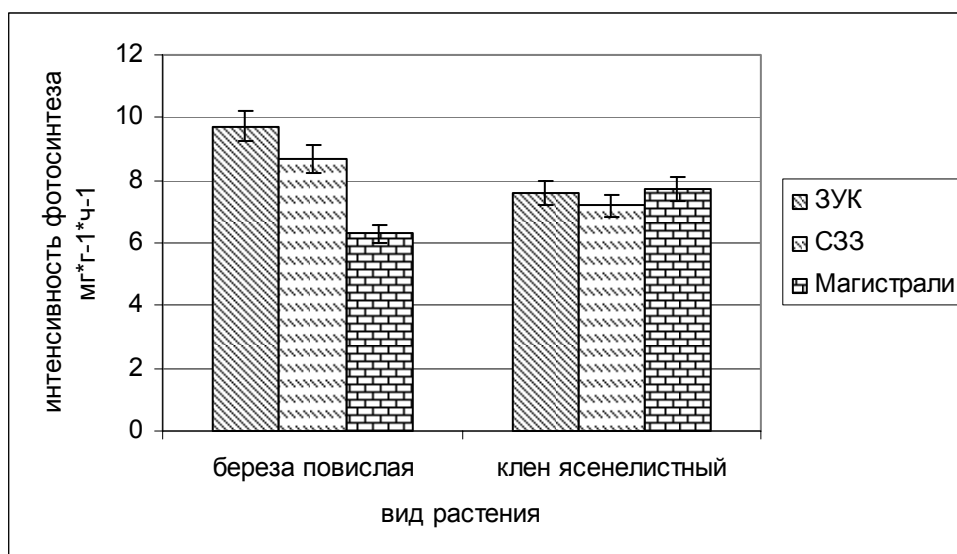


Рис. 9. Интенсивность фотосинтеза изучаемых видов древесных растений, произрастающих в разных типах насаждений (г. Ижевск, 2007):

ЗУК – зоны условного контроля; СЗЗ – насаждения санитарно-защитных зон промышленных предприятий; Магистрали – магистральные посадки

Таким образом, результаты исследований показали, что в 2006 г. наиболее высокими значения интенсивности фотосинтеза были в июне, в период завершения формирования ассимиляционного аппарата древесных растений, тогда как, в 2007 г., в данный период, наоборот, ассимиляционная активность была наиболее низкой, а своих максимальных значений достигла в июле и августе.

В первый год наблюдений у березы повислой, произрастающей в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий, отмечены самые высокие показатели ассимиляционной активности, по сравнению с зонами условного контроля и магистральными посадками, а у клена ясенелистного – в насаждениях специального пользования. В 2007 г. клен ясенелистный в разных условиях произрастания достоверных различий по изучаемому показателю не имел, а у березы повислой резкое снижение ассимиляционной активности наблюдалось лишь в магистральных посадках.

Анализ травянистых растений показал, что на интенсивность их фотосинтетической деятельности в 2006 г. достоверное влияние оказали видовые особенности ($P = 2,49 \cdot 10^{-11}$), условия места произрастания ($P = 0,006$), срок вегетации ($P = 3,96 \cdot 10^{-29}$) и взаимодействие этих факторов ($P = 1,56 \cdot 10^{-16} - 2,88 \cdot 10^{-4}$) (приложение Л, табл. Л.1).

Анализ видовых особенностей фотосинтетической активности растений показал следующее: ИФ у костреца безостого составляет $21,99 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$, что значительно выше, чем у ежи сборной ($6,84$) (приложение Л, табл. Л.2).

У травянистых растений, в отличие от представителей древесных пород, самый низкий показатель ИФ отмечен в ЗУК ($9,98 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$). В насаждениях СЗЗ промышленных предприятий ($15,94$) и магистральных посадках ($17,32 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$) достоверных различий по изучаемому показателю растения не имели (приложение Л, табл. Л.3).

По обобщенным данным у изученных видов травянистых растений интенсивность ассимиляции в течение вегетации меняется следующим образом: наибольшие показатели установлены в июне ($38,86$), а самые низкие – в августе ($-5,87 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$), аналогичную динамику показателя фотосинтеза мы установили и для изученных видов древесных растений (приложение Л, табл. Л.4). В августе в насаждениях зон условного контроля и СЗЗ промышленных предприятий показатели фотосинтеза травянистых растений наиболее низки, даже установлен отрицательный баланс ассимиляционной деятельности (приложение Л, табл. Л.5, рис. 10).

У костреца безостого при возрастании техногенной нагрузки ассимиляционная активность существенно увеличивается (рис. 11), у ежи сборной – лишь в магистральных посадках. В целом же показатели ассимиляционной активности костреца безостого во всех типах насаждений, и особенно в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий и магистральных посадках, значительно выше, чем у ежи сборной (приложение Л, табл. Л.6).

Динамика интенсивности фотосинтеза у изучаемых видов в связи с условиями произрастания представлена на рисунке 12. В июне у обоих видов, произрастающих во всех типах насаждений, показатели ИФ наиболее высокие (приложение Л, табл. Л.7), хотя у ежи сборной они выше в магистральных посадках, а у костреца безостого – в зонах условного контроля. Видовые особенности ассимиляционной деятельности изученных видов начинают проявляться с июля: у ежи сборной она снижается во всех типах насаждений, причем нет статистических различий между зонами, а у костреца безостого лишь в зонах условного

контроля и магистральных посадках. В августе во всех типах насаждений для ежи сборной характерен отрицательный баланс ассимиляции. А кострец безостый отличается достаточно высокой ИФ в магистральных посадках, хотя в зонах условного контроля и промышленных зонах его фотосинтетическая деятельность также как и у ежи сборной подвергается депрессии.

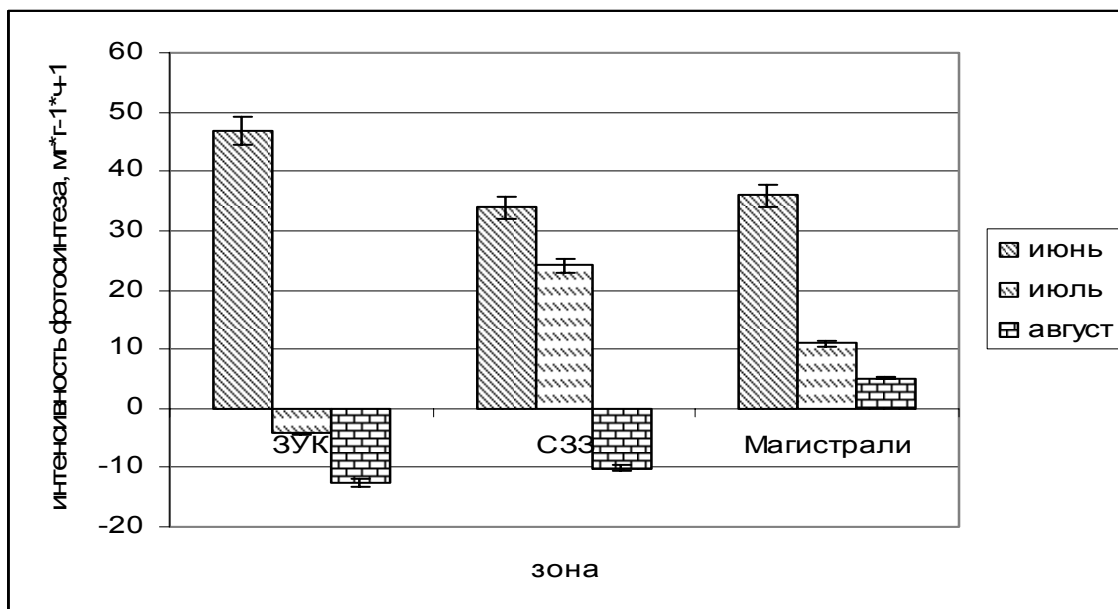


Рис. 10. Динамика интенсивности ассимиляции травянистых растений в насаждениях разного функционального назначения (г. Ижевск, 2006): ЗУК – зоны условного контроля; СЗЗ – насаждения санитарно-защитных зон промышленных предприятий; Магистрали – магистральные посадки

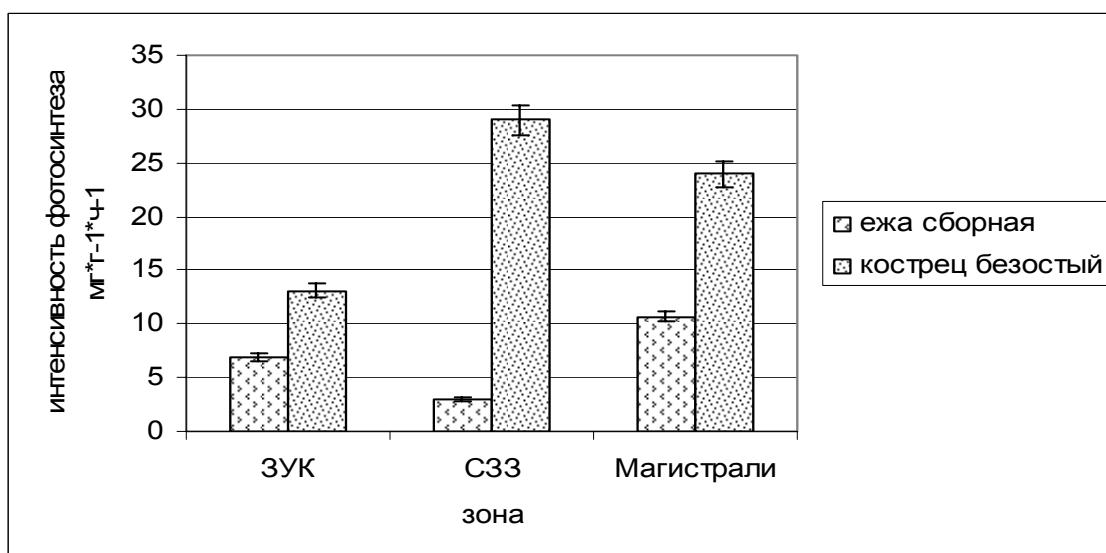


Рис. 11. Интенсивность фотосинтеза у травянистых растений, произрастающих в различных функциональных зонах (г. Ижевск, 2006): ЗУК – зоны условного контроля; СЗЗ – насаждения санитарно-защитных зон промышленных предприятий; Магистрали – магистральные посадки

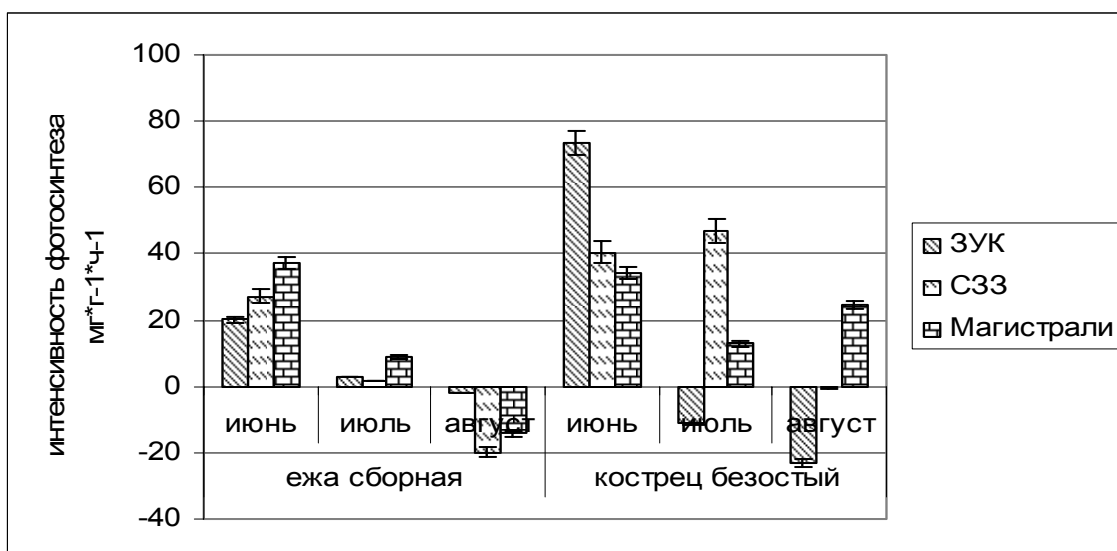


Рис. 12. Динамика интенсивности ассимиляции у ежи сборной и костреца безостого, произрастающих в различных функциональных зонах (г. Ижевск, 2006):

ЗУК – зоны условного контроля; СЗЗ – насаждения санитарно-защитных зон промышленных предприятий; Магистралей – магистральные посадки

В таблице 2 представлены показатели интенсивности фотосинтеза изучаемых видов в насаждениях районов исследований. В июле наибольшая депрессия фотосинтеза наблюдается в насаждениях защитной зоны предприятия «Буммаш». Самые высокие значения показателя ИФ у костреца безостого наблюдались в парке им. Кирова в июне, что существенно повысило средние значения показателя в условиях ЗУК, а в августе, таким образом, произошло повышение средних значений зон условного контроля, за счет особей, произрастающих в Ботаническом саду УдГУ. В июле средние значения фотосинтеза в промышленных зонах оказались выше за счет значений у растений, произрастающих в санитарно-защитных зонах предприятия «Ижсталь», а в магистральных посадках – за счет показателей магистральных посадок ул. Удмуртская. Из полученных данных мы видим, что наибольший интервал показателя интенсивности фотосинтеза имеет кострец безостый (-42,70 – 111,94), чем ежа сборная (-28,36 – 51,60), следовательно, ежа сборная в городских условиях отличается стабильностью ассимиляционной деятельности, а кострец безостый – экологической пластичностью.

Таким образом, обобщив результаты изучения интенсивности фотосинтеза у травянистых растений можно заключить следующее, в благоприятные по метеорологическим условиям годы наиболее высокие показатели фотосинтетической деятельности выявлены у костреца безостого. У ежи сборной максимальная интенсивность фотосинтеза наблюдается в зонах условного контроля и магистральных посадках, а минимальная в насаждениях санитарно-защитных зон промышленных предприятий, что можно связать с высоким загрязнением воздушной среды предприятиями Буммаш и Ижсталь. У костреца безостого в СЗЗ промышленных предприятий наблюдаются высокие показатели ИФ.

Таблица 2. Интенсивность фотосинтеза у ежи сборной и костреца безостого, произрастающих в районах с разной степенью техногенной нагрузки, $\text{мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ (г. Ижевск, 2006 г.)

Срок вегетации	Районы исследований					
	Бот. сад УдГУ	П. им. Кирова	Буммаш	Ижсталь	ул. Удмуртская	ул. К. Либкнехта
Ежа сборная						
Июнь	*21,9 \pm 5,5 -1,6..45,2	18 \pm 1,1 13,59..23,3	34,3 \pm 4,9 13,2..55,3	20,0 \pm 2,3 9,7..30,3	51,6 \pm 7,9 17,3..85,9	23,2 \pm 7,7 -10,1..56,4
Июль	-6,3 \pm 8,25 -41,9..29,2	11,8 \pm 1,9 3,5..19,9	-22,4 \pm 0,6 -25,3..-19,4	25,4 \pm 5,8 0,3..50,4	-16,82 \pm 6,9 -46,7..13,0	34,8 \pm 10,5 -10,3..80,0
Август	2,8 \pm 1,4 -3,2..8,9	-7,1 \pm 2,7 -18,9..4,7	-28,3 \pm 0,7 -31,7..-24,9	-11,3 \pm 1,5 -17,7..-4,8	-20,7 \pm 3,8 -37,3..-4,0	-8,0 \pm 1,9 -16,2..0,2
Кострец безостый						
Июнь	35,2 \pm 5,5 11,4..58,9	111,9 \pm 47,6 79,0..144,8	42,3 \pm 4,3 23,8..60,8	38,7 \pm 4,9 17,5..59,9	67,7 \pm 3,5 52,3..83,2	1,1 \pm 8,6 -35,8..38,0
Июль	0,1 \pm 3,1 -13,4..13,6	-22,7 \pm 14,8 -86,7..41,3	20,8 \pm 5,2 -1,7..43,2	72,8 \pm 6,7 44,0..101,5	7,6 \pm 0,8 4,0..11,1	18,1 \pm 5,3 -5,0..41,2
Август	-3,5 \pm 4,1 -21,2..14,3	-42,7 \pm 4,5 -62,3..-23,1	1,4 \pm 4,2 -16,8..19,8	-2,3 \pm 2,1 -11,2..6,5	42,5 \pm 10,0 -0,7..85,7	6,75 \pm 1,77 -0,85..14,34

Примечание. * – указаны среднее значение, ошибка среднего значения, доверительный интервал для среднего значения ($P < 0,05$).

В 2007 г., характеризующейся обилием осадков и температурами ниже нормы достоверное влияние на интенсивность фотосинтеза оказали видовые особенности ($P = 0,023$), условия места произрастания ($P = 0,0081$) и срок вегетации ($P = 2,73 \cdot 10^{-4}$). Влияние взаимодействия изучаемых факторов статистически не доказано (приложение М, табл. М.1).

Самый высокий показатель ИФ в этот год наблюдался у ежи сборной ($9,81 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$), по сравнению с кострецом безостым ($8,35 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$) (приложение М, табл. М.2).

По обобщенным данным наиболее низкой ассимиляционная активность у трав оказалась в СЗЗ промышленных предприятий ($8,03 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$), а самой высокой – в ЗУК ($10,45 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$) (приложение М, табл. М.3), что является следствием накопленного эффекта действия уровня загрязнения и неблагоприятных погодных условий года. Наиболее высоких значений фотосинтез у трав достигает в июле ($10,42 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$) (приложение М, табл. М.4).

Наряду с определением интенсивности фотосинтеза ведущих древесных пород и доминирующих травянистых растений мы определили чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) травостоя в изучаемых типах насаждений (табл. 3). Наиболее низкой она оказалась в магистральных посадках и в среднем составила $0,66 \text{ г} \cdot (\text{м}^2 \cdot \text{сут.})^{-1}$, против $5,48 \text{ г} \cdot (\text{м}^2 \cdot \text{сут.})^{-1}$ в зонах условного контроля.

Таблица 3. Чистая продуктивность фотосинтеза травянистого покрова в насаждениях города, $г \cdot (м^{-2} \cdot сут.^{-1})$ (г. Ижевск)

Зоны условного контроля		Санитарно-защитные зоны промышленных предприятий		Магистральные посадки	
Ботанический сад УдГУ	Парк им. Кирова	Буммаш	Ижсталь	ул. Удмуртская	ул. К.Либкнехта
4,03	6,94	4,10	6,69	0,84	0,47
в среднем	5,48	в среднем	5,40	в среднем	0,66

В заключении можно выделить следующие особенности: у древесных растений в 2006 г. самые высокие показатели ИФ наблюдаются в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий в июне. Это свидетельствует о том, что в условиях техногенной нагрузки (СЗЗ предприятий) в начале вегетационного периода береза повислая и клен ясенелистный способны относительно полноценно выполнять средоулучшающие функции, затем их экологический потенциал значительно снижается. Тогда как в 2007 г., наоборот, ассимиляционная активность в этот период была самой низкой из-за сложившихся погодных условий, а своих максимальных значений достигла в июле и августе.

У травянистых растений, в благоприятный по метеорологическим условиям год, высокие показатели фотосинтетической деятельности характерны для костреца безостого во всех типах насаждений, а наибольшие – в СЗЗ промышленных предприятий. У ежи сборной максимальная интенсивность фотосинтеза наблюдается в зонах условного контроля и магистральных посадках, а минимальная – в насаждениях санитарно-защитных зон промышленных предприятий. Опираясь на полученные данные, можно заключить, что виды, доминирующие в травостое насаждений имеют определенные особенности показателя интенсивности ассимиляции: ежа сборная отличается стабильностью ИФ, более низкой вариабельностью этого показателя, а кострец безостый – обладает высокой экологической пластичностью фотосинтеза. Наиболее высоких значений фотосинтез, как у трав, так и у древесных растений достигает в июле. Уровень интенсивности ассимиляции зависит от метеорологических условий года, в которых реализуются биологические возможности вида.

5.2 Вододерживающая способность листьев растений

Для нормального функционирования листового аппарата важное значение имеет его способность удерживать влагу в условиях стресса. Вододерживающую способность листьев (ВС) мы определяли трижды в течении активной вегетации растений, используя весовой метод (Николаевский, 2002). Данный показатель клеток может служить информативным для характеристики водообмена растений в условиях техногенной среды, а, следовательно, и показателем качества среды. Широкий диапазон ВС листьев в различных экологических условиях, может сви-

детельствовать о высокой экологической пластичности вида, о его адаптационных возможностях (Бухарина, Поварницина, Ведерников, 2007).

Как показали наши исследования, на водоудерживающую способность листьев древесных растений существенное влияние оказывает взаимодействие видовых особенностей и условий места произрастания ($P = 8,22 \cdot 10^{-4}$) (приложение Н, табл. Н.1).

Высокая водоудерживающая способность листьев наблюдалась у березы повислой в магистральных посадках (потеря воды составляет 5,00% при $P = 5,65 \cdot 10^{-4}$), по сравнению с ЗУК (9,70%) (рис. 13). Клен ясенелистный, произрастающий в разных типах насаждений, существенных отличий по данному показателю не имел (приложение Н, табл. Н.2). Следует отметить, что и по интенсивности фотосинтеза особи клена ясенелистного в разных условиях произрастания либо не имели различий, либо обладают более высокими показателями в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий и магистральных посадках.

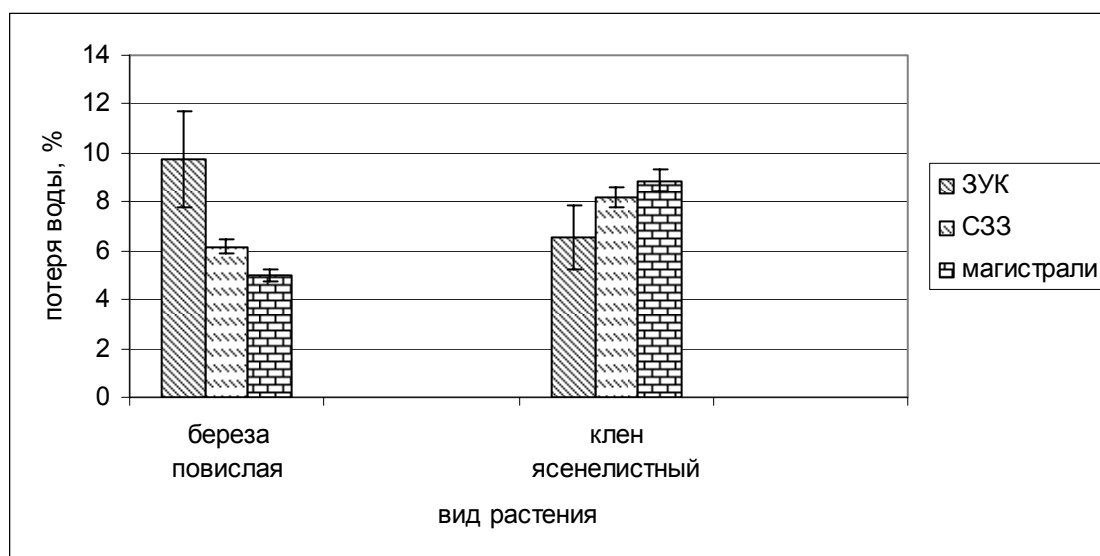


Рис. 13. Водоудерживающая способность листьев древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах (г. Ижевск):

ЗУК – зоны условного контроля; СЗЗ – насаждения санитарно-защитных зон промышленных предприятий; Магистрали – магистральные посадки

Потери воды листьями березы повислой в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий и магистральных посадках снижаются на 3,56 и 4,73% соответственно (ЗУК – 9,73%), что свидетельствует о повышении водоудерживающей способности листьев в условиях стресса и характеризует адаптационную роль данного показателя. При этом в магистральных посадках значительно снижается ассимиляционная активность особей березы повислой.

У травянистых растений достоверное влияние на водоудерживающую способность оказывает лишь взаимодействие видовых особенностей и срока вегетации ($P = 0,004$) (приложение П, табл. П.1). Этот показатель достоверно снижается лишь у ежи сборной в конце ассимиляционного периода, по сравнению с предыдущими месяцами (рис. 14).

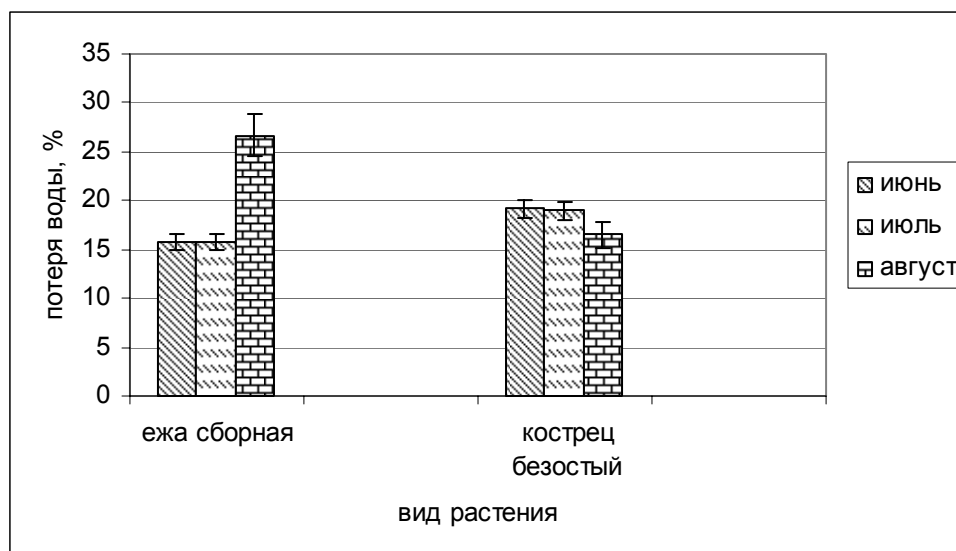


Рис. 14. Динамика водоудерживающей способности листьев травянистых растений, произрастающих в различных функциональных зонах (г. Ижевск)

Обобщение результатов наблюдений за весь период вегетации растений показало, что ВС листьев ежи сборной значительно ниже, чем у костреца безостого (приложение П, табл. П.2). Это дает основание сделать вывод о высокой адаптационной способности водообмена костреца безостого, отличающегося более высокими показателями ассимиляционной активности.

У березы повислой усиление водоудерживающей способности листьев в насаждениях с интенсивной техногенной нагрузкой приводит к снижению ассимиляционной активности. Листья клена ясенелистного по потере воды не имеют различий в разных условиях произрастания. При среднем уровне водоудерживающей способности листьев у этого вида наблюдаются более высокие, по сравнению с березой повислой, показатели ИФ. У ежи сборной в травостое магистральных посадок снижается ВС, что сопровождается ростом интенсивности фотосинтеза листьев. У костреца безостого наблюдаются средние показатели водоудерживающей способности, не имеющие различий по типам насаждений, а ассимиляционная активность при этом даже увеличивается в условиях насаждений СЗЗ промышленных предприятий.

5.3 Пылеудерживающая способность растений

На фотосинтез и водообмен листового аппарата значительно влияет его пылеудерживающая способность (ПС). Анализ пылеудерживающей способности листьев мы проводили по методике Л.М. Кавеленовой, Л.В. Кведер (2006), определяя количество растворимых и нерастворимых пылевых частиц, осаждаемых единицей площади листовой поверхности.

Дисперсионный анализ показал, что на пылеудерживающую способность (нерастворимых частиц) березы повислой и клена ясенелистного существенное

влияние оказывают: видовые особенности ($P = 2,38 \cdot 10^{-8}$), условия места произрастания ($P = 0,0011$) и взаимодействие этих факторов ($P = 0,0002$) (приложение Р, табл. Р.1), а на способность удерживать растворимые частицы пыли – видовые особенности ($P = 0,0005$), а также взаимодействие видовых особенностей и условий мест произрастания ($P = 0,003$) (приложение Р, табл. Р.5). Анализ этого показателя у представителей древесных растений показал, что пылеудерживающая способность листьев березы повислой значительно превосходит показатели клена ясенелистного (на 13,01 и 26,06 г/м² для нерастворимых и растворимых частиц пыли соответственно) (приложение Р, табл. Р.2, Р.6).

Установлено, что самой низкой способностью удерживать нерастворимые пылевые частицы характеризуются растения произрастающие в магистральных посадках, что ниже ЗУК в среднем на 8,18 г/м², при $P = 3,33 \cdot 10^{-4}$ (приложение Р, табл. Р.3). Данный факт можно объяснить усиленным движением атмосферного воздуха в магистральных посадках, вызванного потоком автотранспорта. На растворимую часть пыли, по нашим данным, условия места произрастания достоверного влияния не оказывают.

Анализ пылеудержания у изучаемых видов в связи с условиями места произрастания показал, что у березы повислой, произрастающей в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий, листья имеют самую низкую способность аккумулировать растворимую фракцию пыли, равную 25,37 г/м² ($P = 3,03 \cdot 10^{-4}$). У клена ясенелистного в этом же типе насаждений листья, наоборот, удерживают максимальное количество растворимых пылевых частиц (44,74 г/м², при $P = 6,16 \cdot 10^{-3}$) (приложение Р, табл. Р.7, рис. 15).

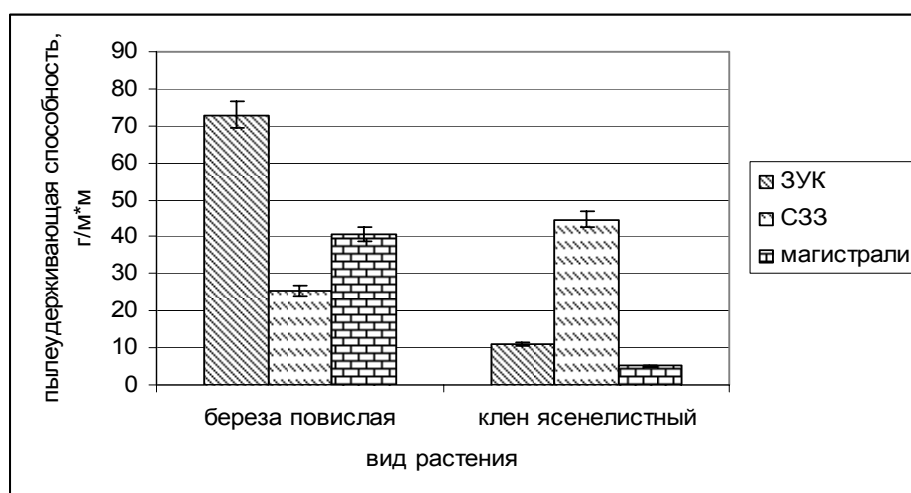


Рис. 15. Пылеудерживающая способность листьев (растворимых частиц) у изучаемых видов древесных растений в насаждениях разных функциональных зон (г. Ижевск):

ЗУК – зоны условного контроля; СЗЗ – насаждения санитарно-защитных зон промышленных предприятий; Магистрали – магистральные посадки

Листья березы повислой минимально аккумулируют нерастворимые пылевые частицы как в магистральных посадках (10,36, при $P = 2,18 \cdot 10^{-6}$), так и в

насаждениях СЗЗ промышленных предприятий ($13,53$ при $P = 3,8 \cdot 10^{-5}$), по сравнению с ЗУК ($27,46 \text{ г/м}^2$). Но тем не менее показатели пылеудержания березы повислой выше, чем у клена ясенелистного, который в этих типах насаждений имеет невысокие показатели ($3,76$ и $5,56 \text{ г/м}^2$ соответственно) (приложение Р, табл. Р.4, рис. 16).

Таким образом, в целях пылеочистки атмосферного воздуха эффективно использование как березы повислой (задерживающей нерастворимые частицы пыли), так и клена ясенелистного, отличающегося высокими показателями аккумуляции растворимой фракции пыли, особенно в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий.

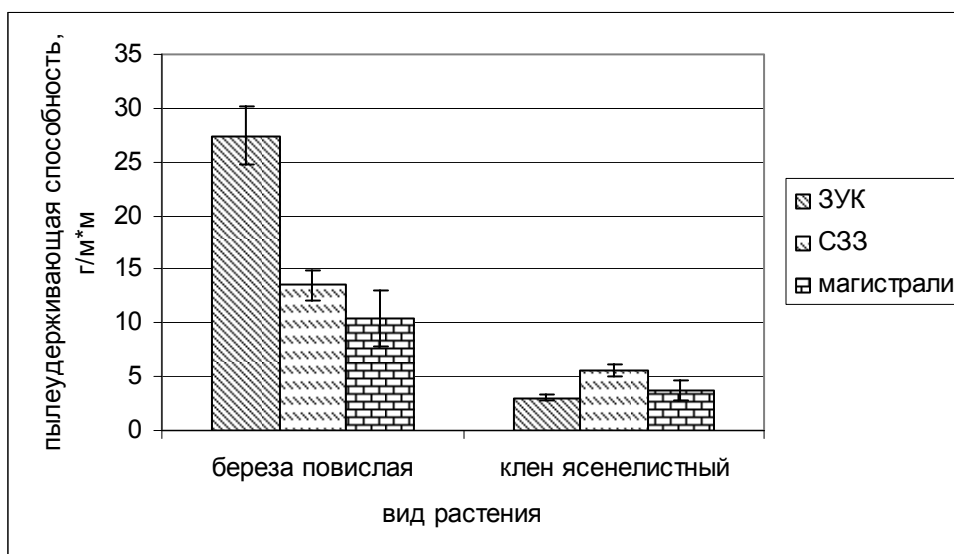


Рис. 16. Пылеудерживающая способность листьев (нерастворимых частиц) у изучаемых видов древесных растений в насаждениях разных функциональных зон (г. Ижевск):

ЗУК – зоны условного контроля; СЗЗ – насаждения санитарно-защитных зон промышленных предприятий; Магистрали – магистральные посадки

Анализ пылеудерживающей способности листьев представителей травянистого покрова показал, что на их способность удерживать нерастворимые пылевые частицы влияют видовые особенности ($P = 0,004$) и условия места произрастания ($P = 0,0003$) (приложение С, табл. С.1), в то время как осаждение растворимых частиц пыли определяется лишь видовыми особенностями ($P = 0,037$) (приложение С, табл. С.4).

На листьях ежи сборной осаждается больше нерастворимых частиц пыли ($29,23$), в сравнении с кострецом безостым ($21,47 \text{ г/м}^2$) (приложение С, табл. С.2). При этом для листьев костреца безостого более характерно осаждение растворимых пылевых частиц ($182,65$), по сравнению с ежой сборной ($134,41 \text{ г/м}^2$) (приложение С, табл. С.5).

По результатам дисперсионного анализа можно заключить, что травянистые растения насаждений зон условного контроля ($31,66$) и магистральные посадок ($27,12$) обладают наибольшей способностью удерживать нерастворимые

пылевые частицы, чем в насаждениях промышленных зон (17,30 г/м²) (приложение С, табл. С.3).

Следует отметить, что у изученных видов древесных и травянистых растений самая низкая способность удерживать нерастворимые пылевые частицы наблюдается в магистральных посадках. Установлено, что листья растений, имеющие меньшую площадь поверхности (мелколиственные породы), в большей степени удерживают нерастворимые частицы пыли, в то время как древесные растения с крупными размерами листовых пластинок отличаются более высокой аккумуляцией растворимой фракции пыли.

5.4 Формирование генеративных структур у травянистых растений

В зависимости от силы экологического стресса виды реализуют свои адаптивные стратегии, преимущественно развивая вегетативную или генеративную структуры (Усманов, Рахманкулова, Кулагин, 2001). В условиях урбаносреды растения могут снижать продуктивность, что может быть связано со снижением качества пыльцевых зерен. Установлено, что стерильность пыльцы может коррелировать с уровнем загрязнения окружающей среды (Кавеленова, 2006).

При наблюдении за процессами роста и развития ежи сборной и костреца безостого нами были отмечены отличия в сроках наступления отдельных фенофаз у растений, произрастающих в разных типах насаждений: а именно, в условиях насаждений санитарно-защитных зон промышленных предприятий и магистральных посадках выметывание метелки и цветение этих видов растений наступает на 4-6 дней раньше, по сравнению с парковой и пригородной зонами. Массовое цветение ежи сборной в городских условиях наблюдается 17-19 июня, а костреца безостого на неделю позже. Более ранний переход растений в генеративную фазу можно объяснить специфическим температурным и водным режимом, формирующимся в условиях города. У ежи сборной в городских условиях наблюдается повторное цветение растений в июле.

Для морфологической характеристики генеративных побегов в каждом районе исследований на пяти пробных площадях мы отбирали и описывали по 15 модельных особей. У ежи сборной (в центре куртины) измеряли высоту (Н) трех генеративных побегов и один побег у костреца безостого. Расстояние между модельными особями ежи сборной составляло не менее двух метров, а костреца безостого – четырех метров, что связано с биологическими особенностями строения и развития корневой системы видов. Также была установлена плотность стояния генеративных побегов.

Дисперсионный анализ выявил достоверность влияния видовых особенностей ($P = 0,002$) и условий места произрастания ($P = 2,7 \cdot 10^{-6}$) на высоту генеративных побегов растений (приложение Т, табл. Т.1). Средние показатели высоты генеративных побегов у ежи сборной составляют 103,81, у костреца безостого 111,38 см (приложение Т, табл. Т.2).

Хотя нами не выявлено влияние взаимодействия видовых особенностей и условий произрастания на высоту генеративных побегов, но по обобщенным данным установлено, что в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий генеративные побеги травянистых растений укорачиваются в среднем на 15,18 см (при $P = 7,28 \cdot 10^{-7}$), по сравнению с зонами условного контроля (114,25 см), а в магистральных посадках существенных отличий по данному показателю не выявлено (приложение Т, табл. Т.3).

Значительное снижение высоты генеративных побегов у ежи сборной наблюдается в насаждениях санитарно-защитной зоны предприятия «Ижсталь». У костреца безостого в изучаемых районах существенной разницы в показателе высоты побега не наблюдается (табл. 4). У ежи сборной плотность стояния генеративных побегов существенно возрастает в насаждениях СЗЗ предприятия «Ижсталь», а у костреца безостого в зонах с разной интенсивностью техногенной нагрузки существенных отличий в густоте генеративного стеблестоя не наблюдается.

Таблица 4. Высота генеративных побегов (см) и их плотность стояния (шт/м²) у ежи сборной и костреца безостого, произрастающих в разных типах насаждений (г. Ижевск)

Вид растения		Типы насаждений					
		зоны условного контроля		санитарно – защитные зоны промышленных предприятий		магистральные посадки	
		Бот. сад УдГУ	ЦПКиО им. Кирова	Буммаш	Ижсталь	К. Либкнехта	ул. Удмуртская
Ежа сборная	Н ¹	³ 104,3±3,7 96,1-112,7	107,6±4,66 97,2-118,1	106,2±3,7 97,8-114,6	84,9±3,7 76,5-93,3	114,9±4,1 105,6-124,3	103,5±4,8 92,7-114,3
	Р ²	40,0±4,3 26,1-53,8	30,03±14,3 -15,4-75,4	40,5±14,9 -6,9-87,9	79,04±6,6 58,0-100,0	115,0±20,3 50,2-179,8	80,1±10,2 47,5-112,4
Кострец безостый	Н	113,2±6,4 98,8-127,6	122,7±3,1 14,3-131,1	105,0±7,6 87,8-122,2	101,7±5,1 90,2-113,3	116,1±3, 107,5-124,8	107,1±6,6 92,2-122,0
	Р	24,0±8,2 -2,0-50,1	29,0±5,3 12,3-45,7	27,1±6,6 6,0-48,1	37,0±5,7 18,7-55,3	56,0±8,5 28,9-83,0	40,0±9,7 9,3-70,7

Примечания: ¹ – высота (Н) генеративных побегов (см); ² – плотность стояния (Р) генеративных побегов (шт./м²); ³ – указаны по строкам: среднее значение, ± ошибка среднего значения и доверительный интервал для среднего значения ($P < 0,05$).

Таким образом, лишь у ежи сборной условия произрастания с наибольшим уровнем загрязнения повлияли на высоту и плотность стояния генеративных побегов.

В течение двух вегетационных периодов (2006-2007 гг.) мы анализировали качество пыльцевых зерен у изучаемых видов травянистых растений. Сбор пыльцы проводили в период массового цветения растений: во второй декаде

июня у ежи сборной и на неделю позже – у костреца безостого. Качество пыльцы устанавливали по фертильности пыльцевых зерен, определенной йодным методом (Паушева, 1970).

Анализ результатов показал, что на фертильность пыльцы изучаемых видов растений существенное влияние оказывают условия места произрастания ($P < 2,16 \cdot 10^{-6}$), взаимодействий видовых особенностей и условий места произрастания ($P < 0,05$), а в 2006 г. – и видовые особенности ($P = 6,21 \cdot 10^{-7}$) (приложение У, табл. У.1, У.5).

Обобщение результатов анализов для всех изучаемых видов позволило установить, что в оба года исследований фертильность пыльцевых зерен существенно снижалась как в СЗЗ промышленных предприятий, так и магистральных посадках соответственно на 12,46-24,56 и 16,00-20,33% ($P < 5,98 \cdot 10^{-4}$), тогда как в ЗУК 80,00% пыльцевых зерен у растений были фертильны (приложение У, табл. У.3, У.6). В 2006 г., отличающемся скудным выпадением осадков и повышенными температурами в период вегетации растений, самым низким качеством отличалась пыльца растений, произрастающих в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий, а в последующий год, характеризующийся обильным выпадением осадков и температурами ниже нормы, – в магистральных насаждениях, т.е. в условиях наиболее интенсивной техногенной нагрузки.

В 2006 г. средние показатели фертильности пыльцы костреца безостого оказались существенно выше (72,42%), чем у ежи сборной (56,10%), при $P = 5,06 \cdot 10^{-7}$ (приложение У, табл. У.2). При этом у последней снижение качества пыльцы наблюдалось как в СЗЗ промышленных предприятий, так и магистральных посадках (на 44,16 и 25,32% соответственно, в ЗУК = 79,26%) (приложение У, табл. У.4). В последующий год у ежи сборной достоверный рост стерильной пыльцы (на 20,49%) наблюдается лишь в магистральных насаждениях, по сравнению с ЗУК (22,47%) (приложение У, табл. У. 7, рис. 17).



Рис. 17. Фертильность пыльцы ежи сборной и костреца безостого в зависимости от условий места произрастания, % (г. Ижевск, 2006-2007 гг.)

У костреца безостого достоверные различия в качестве пыльцы в изучаемых типах насаждений наблюдались лишь при произрастании растений в условиях высокой влажности почв (2007 г.), когда гипоксический стресс затрудняет ростовые процессы этого корневищного вида. При этом показатель качества пыльцевых зерен у костреца безостого оказался ниже на 20,04%, по сравнению с зонами условного контроля как в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий, так и магистральных посадках.

Анализ показателя качества пыльцы у изучаемых видов растений в районах закладки пробных площадей выявил, что самые низкие показатели фертильности пыльцевых зерен у ежи сборной наблюдаются в промышленной зоне предприятия «Ижсталь» и магистральных посадках ул. К. Либкнехта, а у костреца безостого – в промзоне предприятия «Буммаш» (табл. 5).

Таблица 5. Качество пыльцы ежи сборной и костреца безостого, произрастающих в условиях городской среды, % (г. Ижевск, 2006-2007 гг.)

Вид расте- ния	Качест- во пыльцы	Районы исследования					
		П. им. Кирова	Бот. сад УдГУ	Буммаш	Ижсталь	ул. Удмурт- ская	ул. К. Либк- нехта
2006 г.							
Ежа сбор- ная	ферт.	*77,4±3,7 65,7..88,9	81,2±0,7 79,1..83,3	30,0±8,5 12,0..66,0	31,9±3,2 21,8..42,0	58,6±3,1 48,7..68,5	49,3±8,9 21,0..77,5
	стер.	22,6±3,7 11,0..34,2	18,8±0,7 16,8..20,9	61,0±8,5 34,0..88,0	68,1±3,2 58,0..78,2	41,4±3,1 31,5..51,2	50,7±8,9 22,4..79,0
Кост- рец безос- тый	ферт.	73,2±3,9 60,8..85,7	79,4±2,0 72,9..85,9	72,5±4,3 58,9..86,3	71,8±4,1 58,9..84,8	66,9±3,5 55,8..78,0	71,6±1,3 67,6..75,7
	стер.	26,8±3,8 14,3..39,2	20,6±2,0 14,1..27,1	27,4±4,3 13,7..41,1	28,2±4,0 15,2..41,1	33,1±3,5 20,0..44,2	28,4±1,3 24,3..32,4
2007 г.							
Ежа сбор- ная	ферт.	72,8±1,5 67,7..77,7	82,3±1,3 78,1..86,5	67,9±6,8 46,3..89,5	74,9±2,7 66,3..83,7	78,1±2,9 68,8..87,3	36,8±8,7 19,9..63,7
	стер.	27,3±1,6 22,2..32,3	17,7±1,3 13,5..21,9	32,1±6,8 10,5..53,7	25,0±2,7 16,3..33,7	21,8±2,9 12,7..31,2	63,9±8,7 36,3..91,7
Кост- рец безос- тый	ферт.	93,7±1,4 89,3..98,4	78,8±2,1 72,2..85,5	55,0±4,7 39,7..70,3	74,3±2,7 65,5..83,0	66,8±2,9 57,4..76,1	65,6±6,9 43,5..87,6
	стер.	6,2±1,4 1,5..10,7	21,2±2,1 14,6..27,8	45,0±4,7 29,7..60,3	25,7±2,6 17,0..34,5	33,3±2,9 24,0..42,6	34,4±6,9 12,4..56,5

Примечание: *- указаны среднее значение, ошибка среднего значения, доверительный интервал для среднего значения (P < 0,05).

Таким образом, по результатам проведенных исследований морфологии генеративных побегов и качества пыльцевых зерен можно заключить следующее: у ежи сборной в условиях интенсивной техногенной нагрузки существенно снижается качество пыльцы. Кострец безостый проявляет достаточно высокую устойчивость данного показателя, и снижение фертильности пыльцы у этого вида наблюдается лишь в неблагоприятные по метеорологическим условиям годы в районах города с высоким уровнем техногенной нагрузки. У ежи сбор-

ной прослеживается четкая закономерность изменения качества пыльцевых зерен при усилении степени техногенной нагрузки, поэтому показатель фертильности пыльцы у данного вида можно рекомендовать как информативный для оперативного мониторинга состояния городской среды. В городской среде у изучаемых видов наблюдаются индивидуальные адаптивные реакции в формировании генеративных побегов. Кострец безостый в разных функциональных зонах города по биометрическим показателям побегов существенных отличий не имеет. А у ежи сборной в условиях напряженной техногенной нагрузки происходит укорачивание генеративных побегов, в то же время возрастает их плотность стояния.

ГЛАВА 6. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СТРУКТУРНЫХ ЧАСТЯХ РАСТЕНИЙ

Особенности формирования состава и динамика химических элементов в структурных частях растений рассмотрены нами на примере травянистого покрова и шести видах древесных растений: березы повислой, клена ясенелистного, липы мелколистной, тополя бальзамического, рябины обыкновенной и караганы древовидной, преобладающих в изучаемых типах насаждений.

6.1 Особенности распределения основных элементов минерального питания в побегах растений

Техногенное загрязнение вызывает изменение элементного состава структурных частей растений, при этом возникает недостаток или избыток тех или иных элементов, а точнее меняется соотношение между ними. Химический состав листьев растений формируется как под прямым влиянием атмосферного загрязнения, так и под его косвенным воздействием через почву. Концентрация элементов питания в ассимиляционных органах растений часто используется как параметр оценки техногенного загрязнения, при мониторинге состояния насаждений (Чертов, Чуков, Ковш и др., 1996; Винокурова, 2003; Сухарева, Лукина, 2004; Дроздова, Алексеева-Попова, 2006).

Для урбаносреды характерно повышенное содержание азотистых соединений в атмосферном воздухе. В ряде исследований установлено, что повышенное содержание азота в листьях связано со способностью растений в условиях стресса повышать содержание свободных аминокислот, а также усваивать и вовлекать в метаболизм газообразные азотсодержащие загрязнители из атмосферного воздуха, такие как оксиды и аммиак (Барбер, 1988; Николаевский, Марценюк, 1998; Николаевский, 2002; Васфилов, 2003; Innes, 1995). Избыток азота токсичен для растений, так как он вызывает угнетение фотосинтеза через подавление процессов синтеза хлорофилла.

Для роста побега в последующий вегетативный год большое значение имеет отток элементов минерального питания из листьев в стеблевую часть побега в осенний период. Считается, что для обеспечения нормального роста и развития необходимо, чтобы не менее 2/3 содержащихся элементов были транспортированы из листьев в стеблевую часть побегов (Крамер, Козловский, 1983).

Анализ содержания основных элементов минерального питания в побегах растений проводился трижды в период от начала пожелтения листьев до окончания листопада. Расчет содержания элементов минерального питания проведен в процентах абс. сух. массы.

Дисперсионный анализ выявил, что на содержание азота, фосфора и калия существенно влияют видовые особенности, условия места произрастания, сроки вегетации растений, структурная часть растения и взаимодействия этих факторов ($P < 10^{-18} - 10^{-2}$). Влияние взаимодействия изучаемых факторов на со-

держание отдельных элементов минерального питания имеет особенности, которые будут рассмотрены ниже (приложение Ф, табл. Ф.1; приложение Х, табл. Х.1; приложение Ц, табл. Ц.1).

Изучаемые виды древесных растений существенно отличаются по содержанию азота в побегах (приложение Ф, табл. Ф.2). По обобщенным данным для всех типов насаждений его высокая концентрация характерна для караганы древовидной (2,99%), тополя бальзамического (2,42) и клена ясенелистного (1,99% абс. сух. массы), являющихся интродуцентами. Самое низкое содержание азота отмечено у рябины обыкновенной (1,34% абс. сух. массы). Виды местной флоры по данному показателю достоверных различий не имеют.

По обобщенным данным для всех изучаемых видов растений, выявлено, что побеги у особей, произрастающих как в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий (1,76, при $P = 4,06 \cdot 10^{-7}$), так и в магистральных посадках (1,90 при $P = 4,83 \cdot 10^{-4}$) имеют достоверно более низкое процентное содержание азота по сравнению с зонами условного контроля (2,19% абс. сух. массы) (приложение Ф, табл. Ф.3). При этом листья отличаются более высокой концентрацией азота (2,11, $P = 2,46 \cdot 10^{-6}$), чем стеблевые части побегов (1,79% абс. сух. массы) (приложение Ф, табл. Ф.4).

Более того, листья растений, произрастающих в разных типах насаждений, по данному показателю не имели достоверных различий, а в стеблевой части побега, напротив, наблюдались весьма четкие различия (рис. 18) и выявлено снижение содержания данного элемента у растений в магистральных посадках (на 0,61) и СЗЗ промышленных предприятий (на 0,80) по сравнению с ЗУК (2,26% абс. сух. массы) (приложение Ф, табл. Ф.5).

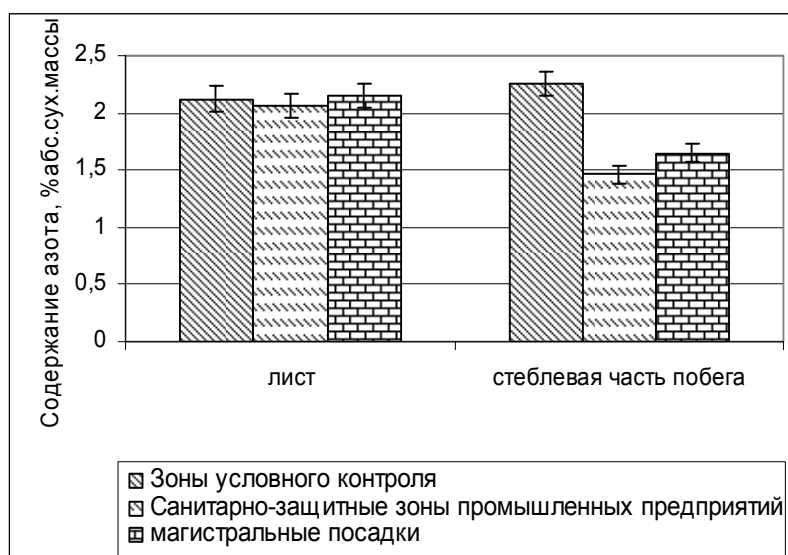


Рис. 18. Обобщенные данные содержания азота в побегах древесных растений, произрастающих в насаждениях различных функциональных зон (г. Ижевск)

При рассмотрении динамики содержания азота выявлено, что в период начала расцветивания листьев (в начале сентября), листья отличаются более высоким содержанием азота (2,71%), чем стеблевая часть (рис. 19). К моменту

листопада листья и стеблевая часть побега по этому показателю достоверных отличий не имеют (приложение Ф, табл. Ф.6). При этом в листьях в ходе оттока содержание азота существенно снижается с 2,71 до 1,42% абсолютно сухой массы, а в стеблевых частях побегов остается на одном уровне. Следовательно, азот выводится из стеблевой части побега или используется на синтез азотсодержащих продуктов, например, фенольных соединений (таннинов), обеспечивающих состояние физиологического покоя.

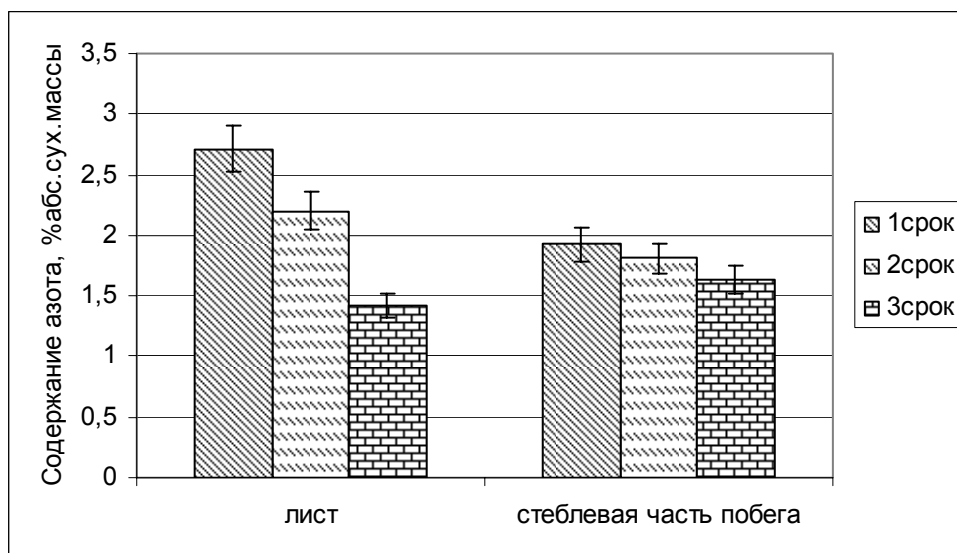


Рис. 19. Динамика содержания азота в побегах древесных растений (г. Ижевск)

Выявлено, что характер физиологического оттока азота из листьев схож у большинства изучаемых видов растений (приложение Ф, табл. Ф.7, Ф.8). В период начала расцвечивания листовых пластинок содержание азота в побегах растений значительно выше (в среднем на 0,79% абс. сух. массы), чем в период массового листопада, за исключением липы мелколистной, у которой различий по датам проведения анализов не наблюдалось (рис. 20). Следует отметить, что у клена ясенелистного и рябины обыкновенной снижение содержания азота наблюдается лишь в третий срок наблюдений, а в начале расцвечивания листьев и в период их пожелтения различий в концентрации этого элемента не выявлено. У караганы древовидной по сравнению с другими изучаемыми видами на протяжении всего периода наблюдений отмечались наиболее высокие концентрации общего азота в побегах.

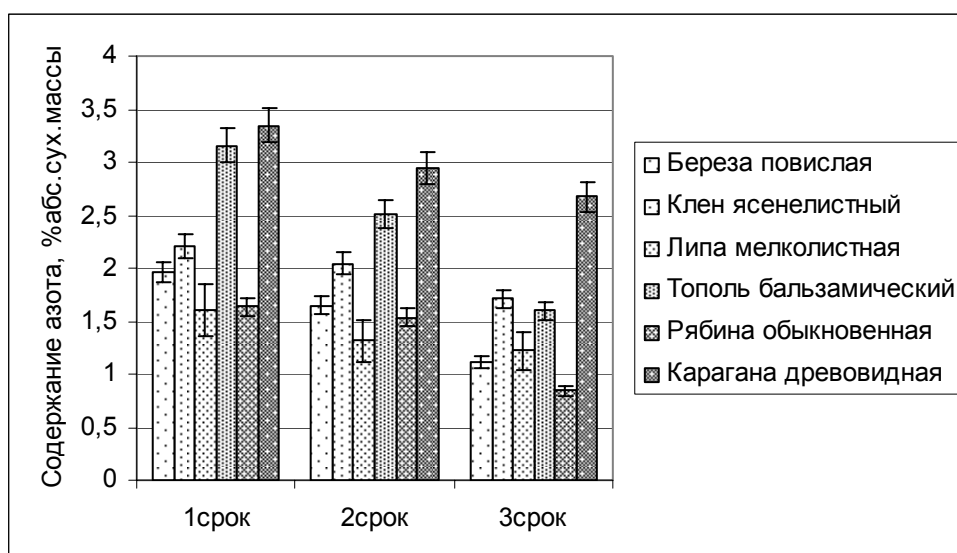


Рис. 20. Динамика содержания азота в побегах изучаемых видов древесных растений (г. Ижевск)

На рисунке 21 представлены обобщенные за весь исследуемый период данные по содержанию азота у изучаемых видов, произрастающих в разных типах насаждений. Установлено, что для тополя бальзамического характерно снижение концентрации азота в побегах в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий и магистральных посадках, по сравнению с ЗУК (на 2,20, при $P=1,47 \cdot 10^{-22}$ и 1,66% абс. сух. массы при $P=1,54 \cdot 10^{-14}$ соответственно). У караганы древовидной достоверно снижается содержание азота только у особей, произрастающих в СЗЗ промышленных предприятиях (на 0,42%). Изменений в содержании азота в различных функциональных зонах не зафиксировано у березы повислой, клена ясенелистного, липы мелколистной и рябины обыкновенной (приложение Ф, табл. Ф.9).

Обобщение данных позволило отметить видовые особенности распределения азота в структурных частях побега растений (приложение Ф, табл. Ф.10). Для видов интродуцентов характерно более высокое его содержание в листьях, нежели в стеблевой части побега: клен ясенелистный (2,28 в листьях и 1,69% в стеблевой части побега), карагана древовидная (соответственно 3,23 и 2,77% абс. сух. массы). Побеги караганы древовидной из всех изучаемых видов выделяются высоким содержанием азота. А самое низкое содержание элемента характерно для листьев и стеблевой части побега рябины обыкновенной – 1,51 и 1,16% абс. сух. массы соответственно (рис. 22).

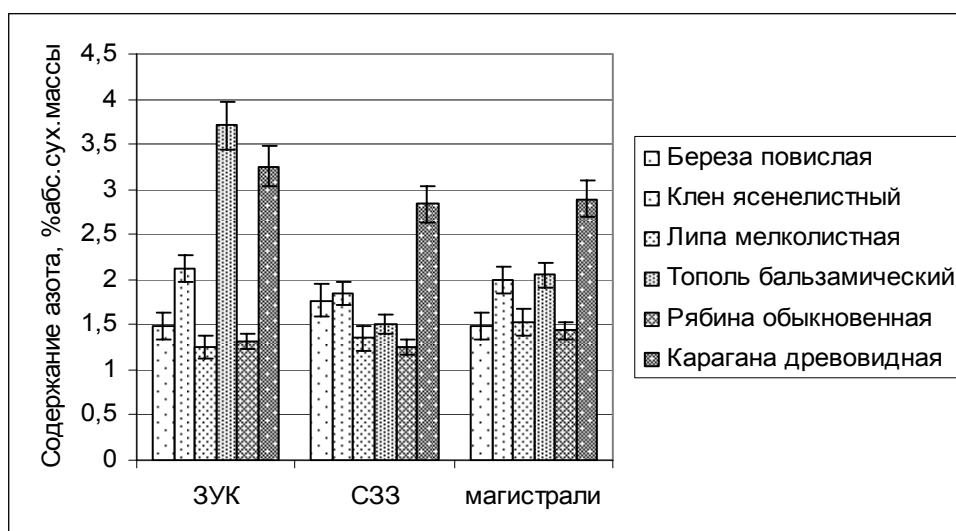


Рис. 21. Содержание азота в побегах древесных растений, произрастающих в насаждениях различных функциональных зон (г. Ижевск):

ЗУК – зоны условного контроля; СЗЗ – насаждения санитарно-защитных зон промышленных предприятий; Магистрالی – магистральные посадки

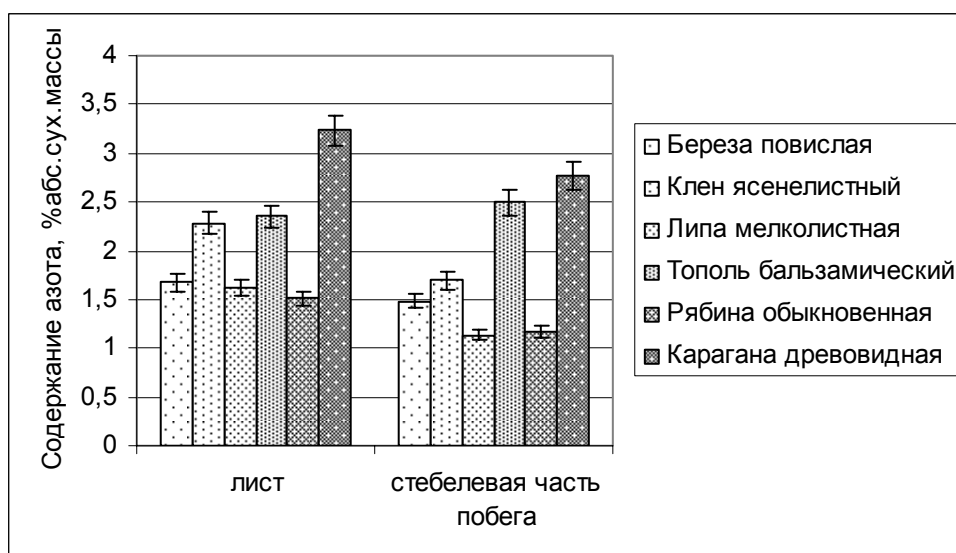


Рис. 22. Содержание азота в структурных частях побегов изучаемых видов древесных растений (г. Ижевск)

Анализ результатов влияния взаимодействия видовых особенностей, условий места произрастания и периода оттока на содержание азота в побегах показал, что в период начала расцветивания листьев (1 срок) во всех экологических категориях насаждений, наблюдалось его более высокое содержание (1,41-5,52%), в сравнении с периодом массового опадения листвы (третий срок) (0,68-2,57% абс. сух. массы), за исключением караганы древовидной в зоне условного контроля, у которой концентрация азота осталась на прежнем уровне (табл. 6).

Таблица 6. Влияние видовых особенностей, места произрастания и периода вегетации на содержание азота в побегах изучаемых видов древесных растений (% абс.сух.массы)

Срок сбора образцов	Вид растения					
	Береза повислая	Кленясенелистный	Липа мелколистная	Тополь бальзамический	Рябина обыкновенная	Карагана древовидная
	НСР ₀₅ = 0,19					
	Зоны условного контроля					
1 срок	1,78	2,32	1,50	5,52	1,73	3,29
2 срок	1,56	2,08	1,18	3,62	1,40	3,20
3 срок	1,10	1,97	1,08	1,97	0,82	3,29
	Санитарно-защитные зоны промышленных предприятий					
1 срок	2,14	2,16	1,69	1,74	1,41	3,51
2 срок	1,99	1,84	1,15	1,51	1,33	2,86
3 срок	1,17	1,53	1,23	1,27	1,03	2,16
	Магистральные посадки					
1 срок	1,96	2,15	1,63	2,21	1,76	3,25
2 срок	1,40	2,21	1,63	2,41	1,88	2,87
3 срок	1,10	1,63	1,34	1,54	0,68	2,57

Примечания: 1 срок (первая декада сентября), 2 срок (конец сентября), 3 срок (октябрь).

Характер оттока азота в разных типах насаждений видоспецифичен. У березы повислой в начале и при полном расцвечивании листьев происходит увеличение содержания азота в побегах в насаждениях промзон, по сравнению с зонами условного контроля, а в период окончания листопада различий по изучаемому показателю не наблюдалось. Клен ясенолистный в первый из изучаемых сроков не имел существенных различий в содержании азота в разных типах насаждений, но в последующие даты у особей в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий концентрации азота в побегах, по сравнению с зонами условного контроля достоверно снижалась. В начале оттока элементов минерального питания у липы мелколистной и караганы древовидной концентрация азота в побегах выше у особей, произрастающих в насаждениях санитарно-защитных зон (1,69 и 3,51 соответственно), по сравнению с ЗУК (1,50 и 3,29% абс. сух. массы). А в последующие изучаемые сроки (конец сентября – октябрь) у липы мелколистной наблюдается повышение концентрации азота у особей в магистральных посадках, а карагана древовидная – напротив снижает его уровень в магистральных посадках и промзонах, по сравнению с ЗУК. У тополя бальзамического снижение концентрации азота происходит во все изучаемые сроки вегетации в следующем ряду: ЗУК – магистральные посадки – насаждения промышленных зон. У рябины обыкновенной в третьей декаде сентября наблюдается снижение содержания азота у особей, произрастающих в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий, по сравнению с зонами условного контроля и магистральными посадками.

Стоит отметить, что самые высокие концентрации азота в зонах условного контроля во все изучаемые сроки вегетации растений наблюдались у видов, являющихся интродуцентами – клен ясенелистный, тополь бальзамический и карагана древовидная. Данная закономерность в других типах насаждений проявилась лишь у караганы древовидной.

Особенности распределения азота в структурных частях побега у изучаемых видов, произрастающих в разных типах насаждений, представлены в таблице 7. Клен ясенелистный и липа мелколистная во всех типах насаждений, показали достоверно более высокие концентрации азота в листьях (2,23-2,32 и 1,40-1,78% соответственно), по сравнению с стеблевой частью (1,46-1,92 и 1,01-1,29% абс. сух. массы соответственно). В насаждениях промзон такая же закономерность характерна для всех изучаемых видов древесных растений. В магистральных посадках исключениями из данной закономерности являются береза повислая и карагана древовидная, у которых не наблюдалось достоверных различий по содержанию азота между листовой и стеблевой частями побега. В зоне условного контроля существенных различий по уровню азота в побегах не имеют – береза повислая, рябина обыкновенная и карагана древовидная. У тополя бальзамического, наоборот, стебли в 1,5 раза превышают листья по содержанию этого элемента минерального питания.

Таблица 7. Влияние видовых особенностей, места произрастания и структурных частей побега растения на содержание азота, у изучаемых видов древесных растений, (% абс.сух.массы)

Структурная часть растений	Вид растения					
	Береза повислая	Клен ясенелистный	Липа мелколистная	Тополь бальзамический	Рябина обыкновенная	Карагана древовидная
	НСР ₀₅ = 0,23					
	Зоны условного контроля					
Лист	1,44	2,32	1,40	2,94	1,31	3,33
Стебель	1,52	1,92	1,11	4,47	1,33	3,18
	Санитарно-защитные зоны промышленных предприятий					
Лист	1,98	2,23	1,70	1,66	1,40	3,37
Стебель	1,55	1,46	1,01	1,33	1,12	2,31
	Магистральные посадки					
Лист	1,60	2,30	1,78	2,42	1,83	2,99
Стебель	1,38	1,70	1,29	1,68	1,04	2,80

У березы повислой, липы мелколистной листья растений в составе насаждений СЗЗ промышленных предприятий и магистральных посадок отличаются более высоким содержанием азота в листьях, а у тополя бальзамического и караганы древовидной – наоборот. У большинства изучаемых видов стеблевые части побегов в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий и магистраль-

ных посадках, в отличие от листьев, имеют более низкие концентрации азота, чем в зонах условного контроля.

Фосфор – обязательный компонент таких важнейших соединений, как нуклеиновые кислоты, фосфопротеиды, фосфолипиды, фосфорные эфиры, сахара, нуклеотиды, принимающие участие в энергетическом обмене (АТФ, НАД, ФАД и др.), витаминов. Данный элемент отвечает за протекание биосинтетических процессов, функционирование мембран и энергетического обмена.

По обобщенным данным высокое содержание фосфора отмечено в побегах рябины обыкновенной (0,85), тополя бальзамического (0,76), клена ясенелистного (0,73% абс. сух. массы) (приложение X, табл. X.2). Самая низкая его концентрация характерна для березы повислой (0,55), липы лелколистной (0,59) и караганы древовидной (0,59 % абс. сух. массы). В целом у всех изучаемых видов растений более высокое содержание фосфора как и азота отмечено в листьях (0,81), по сравнению со стеблевой частью побега (0,55% абс. сух. массы при $P=7,35 \cdot 10^{-13}$) (приложение X, табл. X.3).

В начале пожелтения листьев (в первой декаде сентября) листовые части побегов существенно отличаются более высоким содержанием фосфора, а в периоды начала и конца листопада существенных различий не имеют. Стебловые части побегов достоверные различия показали лишь между первым и третьим сроком (конец листопада) сбора образцов, причем более высокое содержание фосфора отмечено в период расцветивания листьев (1 срок) (приложение X, табл. X.4, рис. 23).

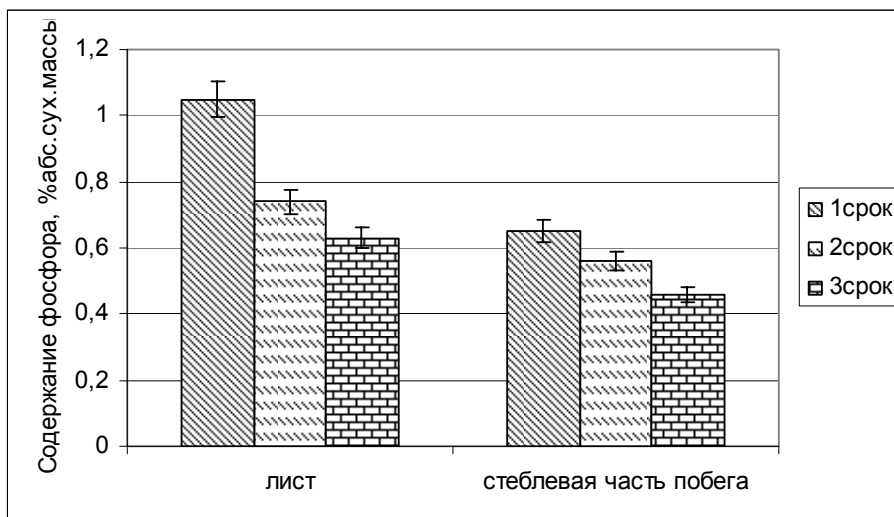


Рис. 23. Динамика содержания фосфора в побегах древесных растений, произрастающих в разный период вегетации (г. Ижевск)

По обобщенным данным для всех изучаемых видов в зоне условного контроля, СЗЗ промышленных предприятий и магистральных посадках концентрация фосфора в побегах существенно снижается от начала расцветивания листьев до листопада (приложение X, табл. X.5, рис.24).

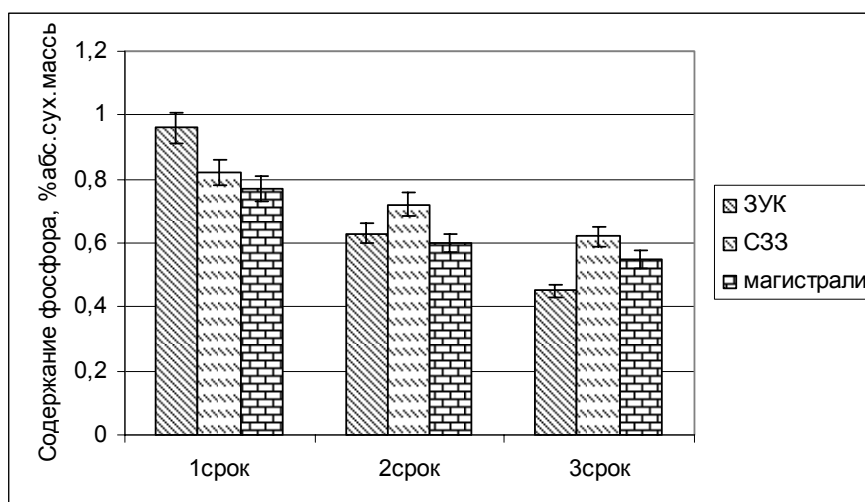


Рис. 24. Динамика фосфора в побегах древесных растений, произрастающих в разных типах насаждений (г. Ижевск):

ЗУК – зоны условного контроля; СЗЗ – насаждения санитарно-защитных зон промышленных предприятий; Магистрали – магистральные посадки

Видовые особенности распределения фосфора в структурных частях побега изучаемых древесных растений представлены на рисунке 25. Содержание фосфора в листьях более высокое, в сравнении с стеблевой частью побега, за исключением березы повислой и караганы древовидной, у которых нет достоверных различий по данному показателю (приложение X, табл. X.6).

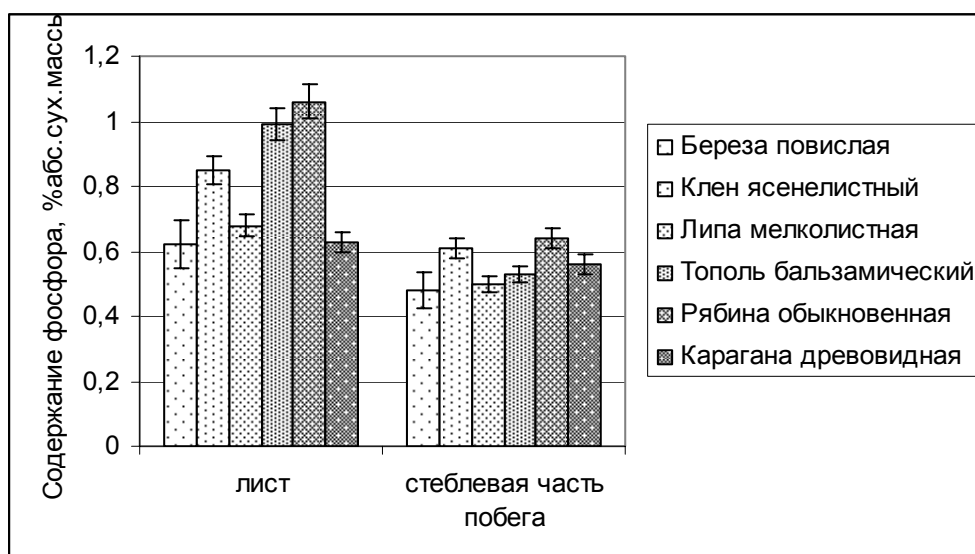


Рис. 25. Содержание фосфора в структурных частях побегов изучаемых видов древесных растений (г. Ижевск)

В течение сентября – октября содержание фосфора в побегах достоверно меняется (приложение X, табл. X.7, X.8). В первые сроки сбора образцов концентрация фосфора значительно выше, чем в период листопада у всех изучаемых видов, за исключением рябины обыкновенной, у которой изменений не наблюдалось (рис. 26). У березы повислой, клена ясенелистного, липы мелколи-

стной содержание фосфора снижается в ходе осеннего оттока. У тополя бальзамического и караганы древовидной уменьшение концентрации фосфора наблюдалось лишь в период листопада, в сравнении с началом расцветивания листьев.

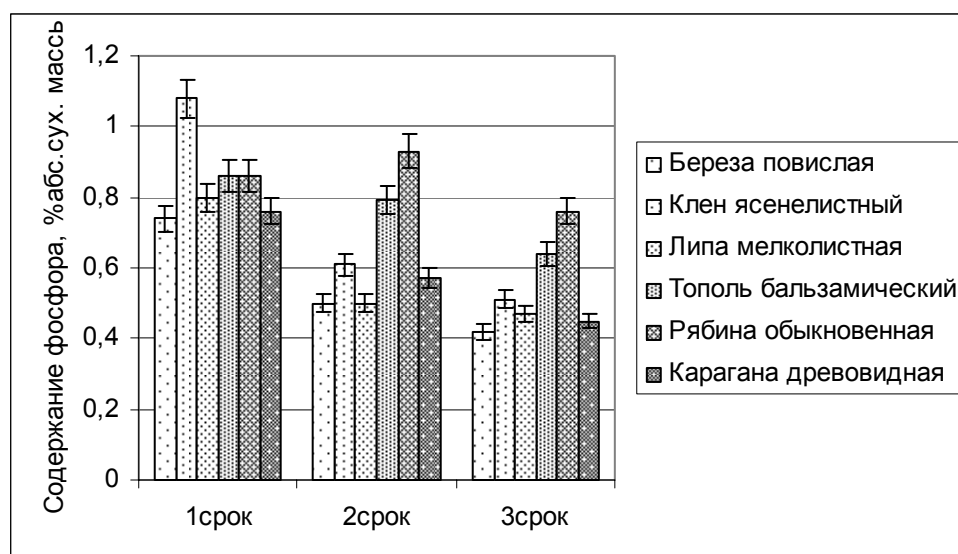


Рис. 26. Динамика содержания фосфора в побегах древесных растений (г. Ижевск)

На рисунке 27 продемонстрированы обобщенные данные по содержанию фосфора за анализируемый период у изучаемых видов древесных растений, произрастающих в разных типах насаждений. Установлено, что для рябины обыкновенной характерно увеличение содержания фосфора в СЗЗ промышленных предприятий (на 0,27%, при $P = 0,007$) и снижение в магистральных посадках (на 0,23, при $P = 0,025$), по сравнению с ЗУК (0,84% абс. сух. массы). У караганы древовидной достоверно увеличивается концентрация фосфора только в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий и магистральных посадках на 0,30% абсолютно сухой массы, в сравнении с зонами условного контроля (0,40%) (приложение X, табл. X.9). Изменений в содержании фосфора в различных функциональных зонах не зафиксировано у березы повислой, клена ясенелистного, липы мелколистной и тополя бальзамического (рис. 27).

Особенности распределения фосфора в структурных частях побега в разных типах насаждений у изучаемых видов растений представлены в таблице 8.

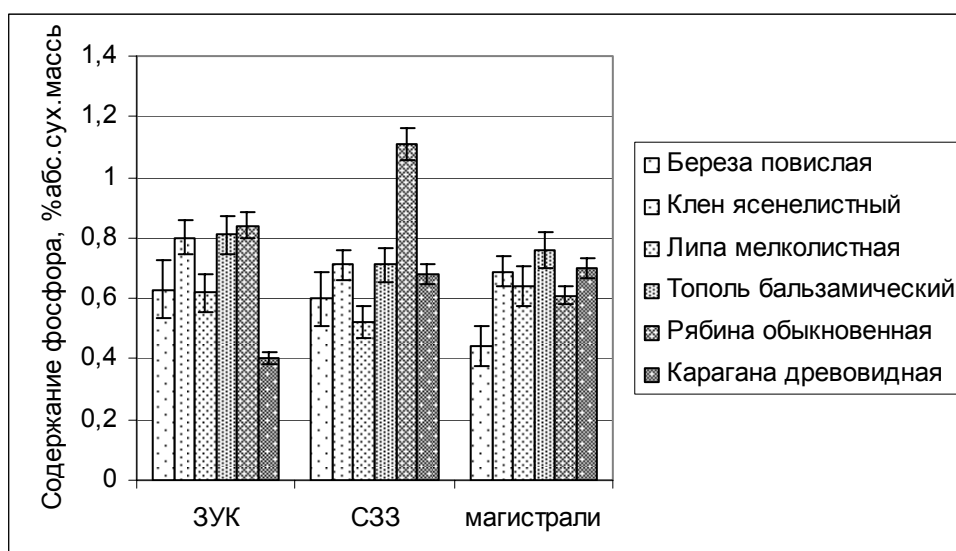


Рис. 27. Содержание фосфора в побегах древесных растений, произрастающих в насаждениях различных функциональных зон (г. Ижевск): ЗУК – зоны условного контроля; СЗЗ – насаждения санитарно-защитных зон промышленных предприятий; Магистралей – магистральные посадки

Таблица 8. Влияние видовых особенностей, места произрастания и структурных частей побега на содержание фосфора, у изучаемых видов древесных растений (% абс.сух.массы)

Структурная часть растений	Вид растения					
	Береза повислая	Клен ясенелистный	Липа мелколистная	Тополь бальзамический	Рябина обыкновенная	Карагана древовидная
НСР ₀₅ = 0,11						
Зоны условного контроля						
Лист	0,64	1,04	0,77	1,24	0,95	0,43
Стебель	0,61	0,56	0,46	0,38	0,72	0,38
Санитарно-защитные зоны промышленных предприятий						
Лист	0,76	0,84	0,62	0,86	1,58	0,75
Стебель	0,42	0,57	0,41	0,56	0,64	0,62
Магистральные посадки						
Лист	0,45	0,67	0,66	0,88	0,66	0,72
Стебель	0,42	0,71	0,63	0,65	0,57	0,68

В насаждениях санитарно-защитных зон у всех изучаемых видов растений содержание фосфора выше в листовой части побега, по сравнению со стеблевой. В магистральных посадках данная закономерность прослеживается только у тополя бальзамического, в зонах условного контроля отсутствует у березы повислой и караганы древовидной. Содержание фосфора в структурных частях побега у изучаемых видов в разных типах насаждений видоспецифично. У березы повислой и рябины обыкновенной в листьях концентрация фосфора

снижается в следующем ряду: насаждения промзон – зоны условного контроля – магистральные посадки. У клена ясенелистного, липы мелколистной, тополя бальзамического низкое содержание изучаемого элемента отмечено в промзонах (0,84; 0,62; 0,86% соответственно) и магистральных посадках (0,67; 0,66; 0,88 соответственно), в сравнении с ЗУК (1,04; 0,77; 1,24% абс. сух. массы соответственно). У рябины обыкновенной содержание фосфора в листьях, наоборот, возрастает в ряду: магистральные посадки – ЗУК – промзона.

В стеблевой части побега у клена ясенелистного, липы мелколистной, тополя бальзамического и караганы древовидной содержание фосфора увеличивается у особей в магистральных посадках, а у березы повислой и рябины обыкновенной оно, наоборот, снижается, причем и в насаждениях санитарно-защитных зон промышленных предприятий.

Калий участвует в осморегуляции, регуляции вязкости цитоплазмы, составляет основную часть катионов клеточного сока. По обобщенным данным существенное влияние на содержание калия в побегах древесных растений оказали видовые особенности (приложение Ц, табл. Ц.2). Самая низкая его концентрация отмечена в побегах березы повислой (0,63) и липы мелколистной (0,73% абс. сух. массы), тогда как у клена ясенелистного она оказалась наиболее высокой (1,64%).

Обобщая полученные результаты удалось установить, что побеги изученных нами видов древесных растений, в разных типах насаждений, имели содержание калия в пределах 1,01 – 1,14% абс. сух. массы (приложение Ц, табл. Ц.3). Высокая концентрация элемента отмечалась в период начала расцвечивания листовых пластинок и составляла 1,23, а затем снижалась до 0,95% абс. сух. массы (приложение Ц, табл. Ц.4).

Объединив данные, по всем изучаемым видам мы установили (приложение Ц, табл. Ц.5), что в листьях калий содержится в концентрации в 2 раза превышающей стебли. Листья древесных растений, произрастающих в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий, содержат калия меньше, чем в ЗУК (на 0,27) и магистральных посадках (на 0,11% абс. сух. массы) (приложение Ц, табл. Ц.6). В стеблевой части побега достоверных различий у растений, произрастающих в разных типах насаждений, не выявлено (рис. 28).

На рисунке 29 продемонстрированы обобщенные данные по содержанию калия у изучаемых видов, произрастающих в разных типах насаждений за весь период осеннего физиологического оттока элементов. Установлено, что у клена ясенелистного содержание калия в промзоне меньше на 0,29 ($P = 0,006$), аналогично и в магистральных посадках – 0,54% ($P = 3,90 \cdot 10^{-7}$), по сравнению с ЗУК (1,92% абс. сух. массы). У липы мелколистной, напротив, в магистральных насаждениях концентрация данного элемента увеличивается на 0,23% по сравнению с контролем (приложение Ц, табл. Ц.7). А карагана древовидная самое низкое содержание калия имеет в СЗЗ промышленных предприятий (1,07% абс. сух. массы). Береза повислая, тополь бальзамический и рябина обыкновенная по изучаемому показателю различий в разных типах насаждений не имеют.

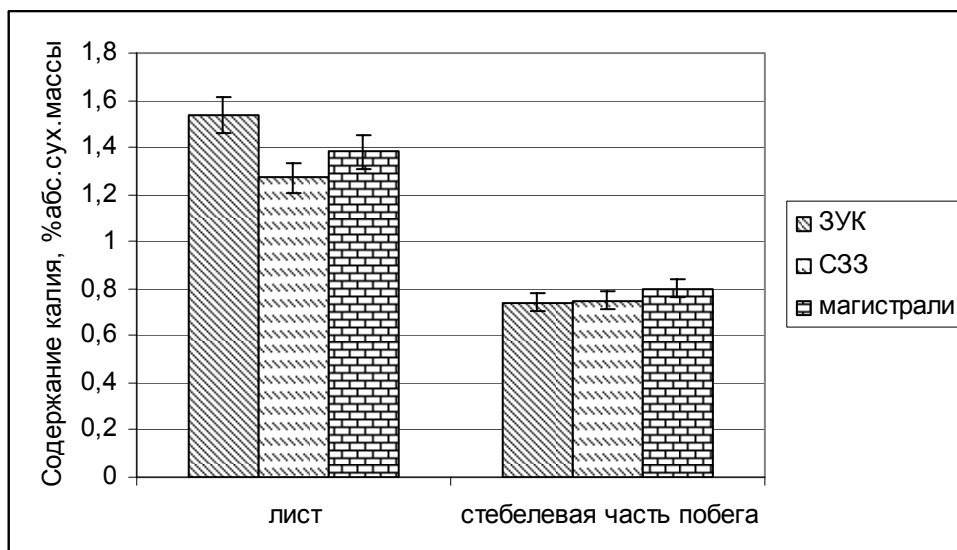


Рис. 28. Содержание калия в побегах древесных растений (г. Ижевск):
ЗУК – зоны условного контроля; СЗЗ – насаждения санитарно-защитных зон
промышленных предприятий; Магистрали – магистральные посадки

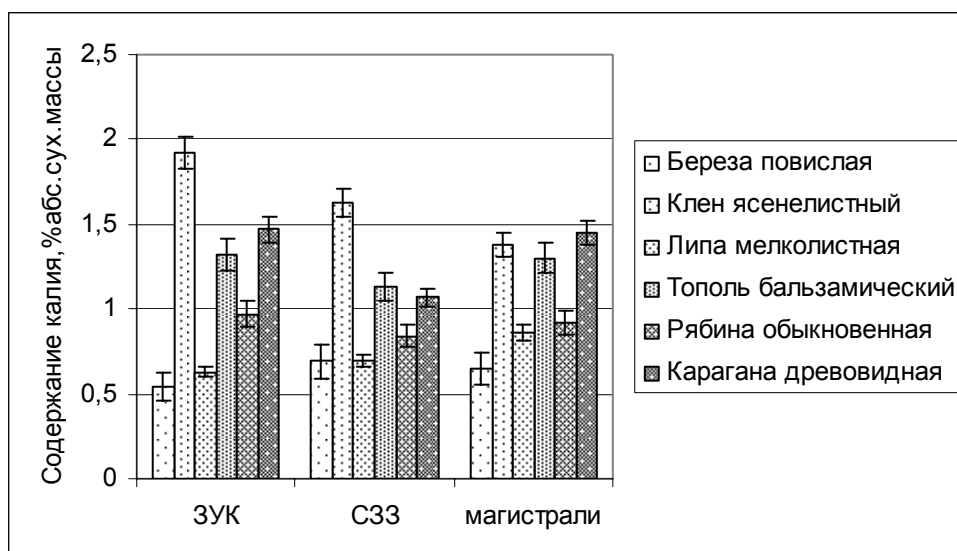


Рис. 29. Содержание калия в побегах древесных растений, произрастающих
в насаждениях различных функциональных зон (г. Ижевск):
ЗУК – зоны условного контроля; СЗЗ – насаждения санитарно-защитных зон
промышленных предприятий; Магистрали – магистральные посадки

Выявлено, что характер физиологического оттока калия из листьев схож у большинства изучаемых видов растений (приложение Ц, табл. Ц.8). У липы мелколистной, тополя бальзамического, рябины обыкновенной, караганы древовидной концентрация калия в побегах уменьшается в период листопада (рис. 30).

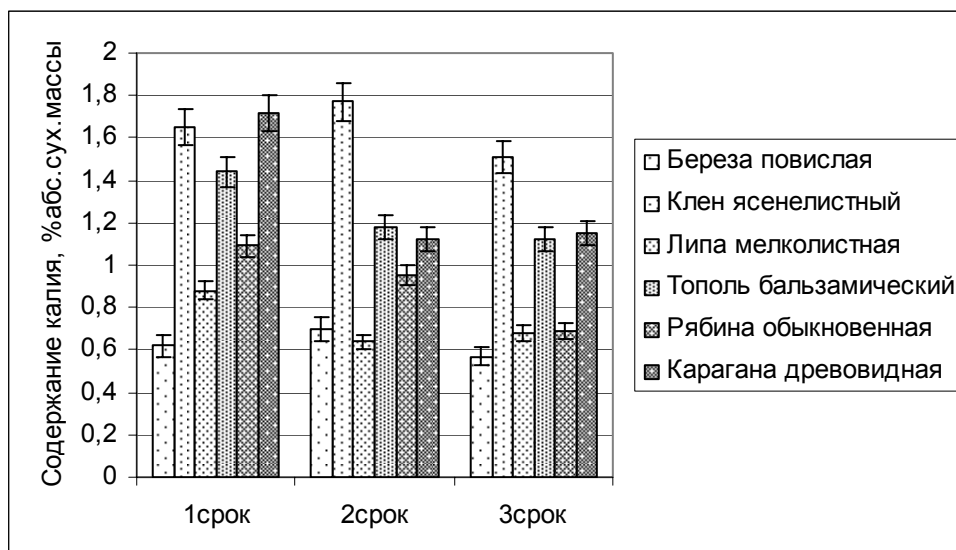


Рис. 30. Динамика содержания калия в побегах древесных растений (г. Ижевск)

Обобщение данных позволило отметить видовые особенности распределения калия в структурных частях побега растений (приложение Ц, табл. Ц.9). Особенности распределения калия в структурных частях побега у изучаемых видов древесных растений, произрастающих в разных типах насаждений, представлены в таблице 9. Листья всех изученных нами древесных растений содержат калия больше, чем стеблевая часть побега, за исключением березы повислой, у которой в период начала листопада в насаждениях промзон в стеблевой части побега концентрация калия, наоборот, выше (0,96), чем в листьях (0,75% абс. сух. массы) и липы мелколистной в зоне условного контроля, где в конце листопада листья и стеблевая часть побега не имели достоверных различий. Стоит отметить, что по содержанию калия в побегах интродуцированные виды – клен ясенелистный, тополь бальзамический, карагана древовидная, превосходят виды местной флоры. Самый высокий показатель отмечен в листьях у клена ясенелистного (2,18% абс. сух. массы) (рис. 31).

В ходе оттока концентрация калия в побегах постепенно снижается в зоне условного контроля у тополя бальзамического, рябины обыкновенной и в стеблевой части побега караганы древовидной; в насаждениях промышленных зон – в побегах караганы древовидной, рябины обыкновенной, листовой части тополя бальзамического и стеблевой части побега клена ясенелистного; в магистральных посадках – в побегах тополя бальзамического, в листьях рябины обыкновенной и в стеблевой части побега липы мелколистной.

При сопоставлении факторов, оказывающих достоверное влияние на содержание основных элементов минерального питания в побегах древесных растений выяснено, что на концентрацию азота большее влияние оказывают видовые особенности, а на содержание фосфора и калия – условия места произрастания и сроки сбора образцов.

Таблица 9. Влияние видовых особенностей, условий места произрастания, периода вегетации и структурных частей растения на содержание калия в побегах изучаемых видов древесных растений, % абс.сух.массы

Срок сбора образцов	Вид растения											
	Береза повислая		Клен ясенелистный		Липа мелколистная		Тополь бальзамический		Рябина обыкновенная		Карагана древовидная	
Часть побега	лист	стебель	лист	стебель	лист	стебель	лист	стебель	лист	стебель	лист	стебель
НСР ₀₅ = 0,07												
Зоны условного контроля												
1 срок	0,47	0,37	2,12	1,27	1,04	0,51	2,12	0,98	1,68	0,74	2,55	1,25
2 срок	0,76	0,46	2,83	1,32	0,50	0,52	1,87	0,79	1,61	0,59	1,14	0,98
3 срок	0,84	0,36	2,80	1,16	0,75	0,45	1,67	0,53	0,79	0,39	2,16	0,72
Санитарно-защитные зоны промышленных предприятий												
1 срок	0,90	0,39	1,99	1,46	0,95	0,66	1,54	0,94	1,31	0,71	1,54	1,11
2 срок	0,75	0,96	2,51	1,21	0,77	0,47	1,43	0,62	1,04	0,48	1,40	0,78
3 срок	0,74	0,40	1,98	0,64	0,77	0,60	1,33	0,90	0,92	0,58	1,03	0,58
Магистральные посадки												
1 срок	1,14	0,44	2,25	0,80	1,24	0,87	1,84	1,24	1,50	0,60	2,23	1,65
2 срок	0,70	0,54	1,50	1,22	0,94	0,65	1,66	0,73	1,26	0,74	1,53	0,88
3 срок	0,70	0,35	1,69	0,81	0,96	0,53	1,42	0,88	0,84	0,61	1,50	0,93

Примечания: 1 срок (первая декада сентября), 2 срок (конец сентября), 3 срок (октябрь).

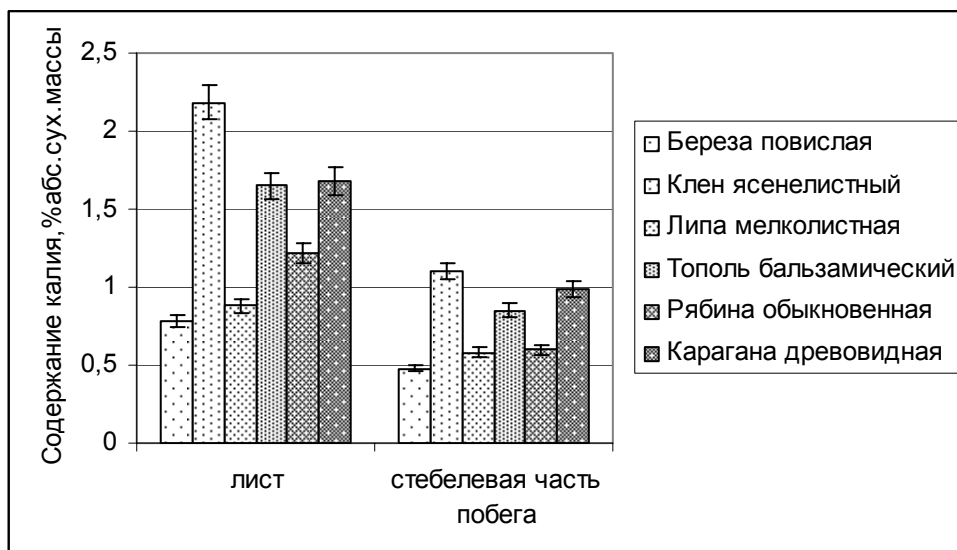


Рис. 31. Содержание калия в побегах древесных растений, произрастающих в насаждениях различных функциональных зон (г. Ижевск)

Известно, что содержание трех основных элементов минерального питания растений – азота, фосфора и калия – является гомеостатическим показателем функционального состояния растительного организма, а в техногенных условиях гомеостаз элементного состава может значительно нарушаться (Сухарева, Лукина, 2004; Неверова, 2006).

Низкие концентрации основных элементов минерального питания выявлены в побегах березы повислой, липы мелколистной. У рябины обыкновенной – установлены низкие концентрации азота и калия в побегах, а содержание фосфора превышает другие изученные виды. У караганы древовидной отмечена противоположная закономерность (азот и калий содержится в больших количествах, а фосфор – наоборот). В побегах клена ясенелистного и тополя бальзамического выявлено высокое содержание основных элементов минерального питания. Таким образом, интродуцированные виды отличаются более высокими концентрациями азота и калия, нежели аборигенные виды. Видовые особенности в содержании изучаемых элементов минерального питания представлены на рис. 32.

Видовые особенности содержания химических элементов в структурных частях побега растений, произрастающих в насаждениях разных экологических категорий города, представлены на рис. 33. У березы повислой концентрация основных элементов минерального питания в побегах особей, произрастающих в разных типах насаждений, достоверных различий не имеет. У липы мелколистной увеличивается лишь содержание калия в магистральных посадках, а у клена ясенелистного – напротив, происходит уменьшение концентрации калия у особей, произрастающих, как в насаждениях промышленных зон, так и магистральных посадках. В побегах тополя бальзамического отмечено лишь снижение количества азота в условиях техногенной нагрузки. У рябины обыкновенной содержание фосфора увеличивается в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий, и снижается в магистральных посадках. Для караганы древовид-

ной характерны более низкие концентрации азота и калия в насаждениях промзон и более высокое содержание калия в магистральных посадках.

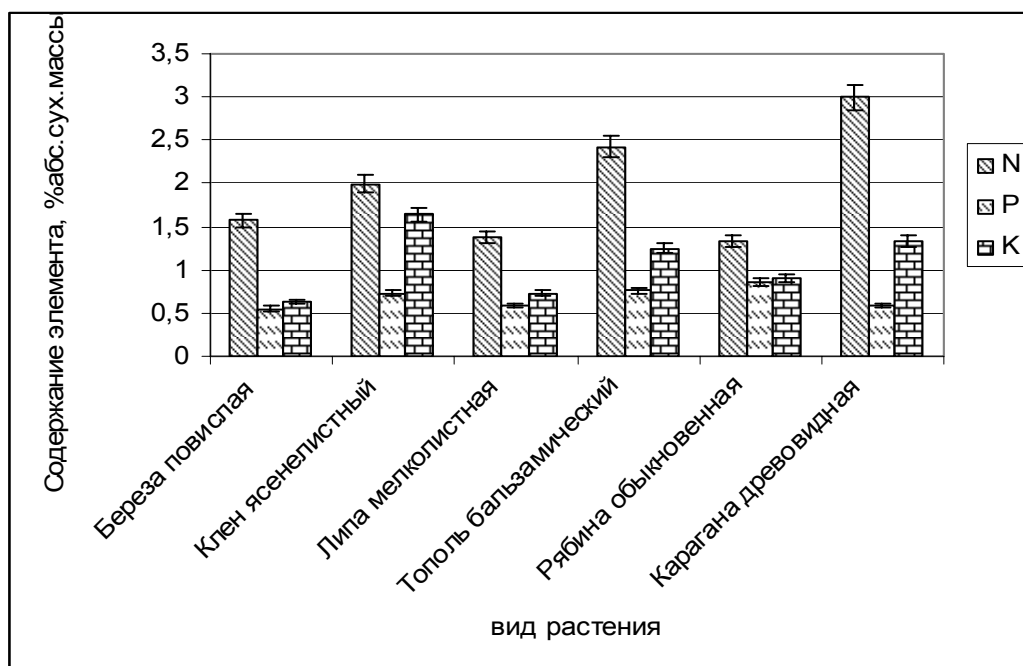


Рис. 32. Влияние видовых особенностей на содержание основных элементов минерального питания в побегах растений (г. Ижевск)

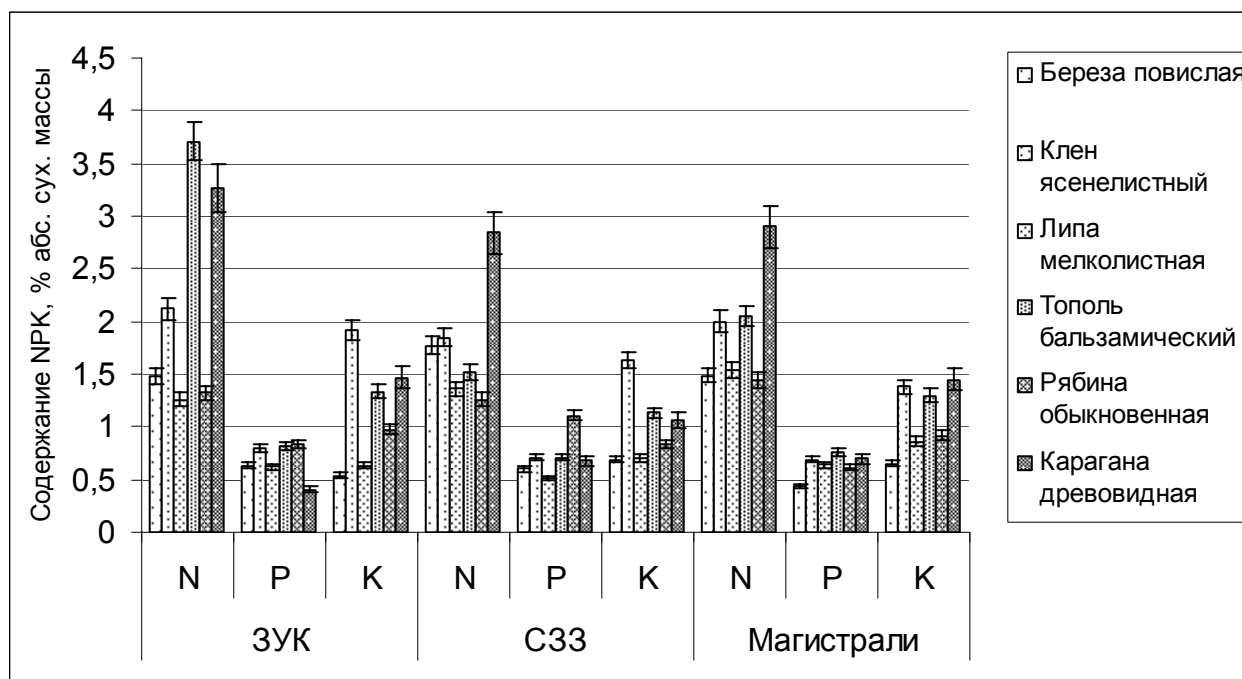


Рис. 33. Влияние условий места произрастания на содержание NPK в побегах изучаемых видов растений (г. Ижевск):

ЗУК – зоны условного контроля; СЗЗ – насаждения санитарно-защитных зон промышленных предприятий; Магистраль – магистральные посадки

В течение сентября – октября содержание азота в побегах достоверно изменяется. Видовые особенности оттока элементов минерального питания из листьев в стеблевые части побега представлены на рис. 34. У большинства видов в начале раскрашивания листьев концентрация азота в побегах значительно выше, чем в период листопада, за исключением липы мелколистной, у которой существенных различий не наблюдается. Содержание фосфора в побегах в период листопада значительно сокращается, по сравнению с периодом начала расцветивания листьев. Хотя у ряда видов идет постепенное снижение содержания этого элемента (имеются достоверные различия по срокам у березы повислой, клена ясенелистного, липы мелколистной), а у других видов отток фосфора приурочен лишь к концу листопада (тополь бальзамический и карагана древовидная). У рябины обыкновенной содержание фосфора в побегах в разные сроки существенных отличий не имеет.

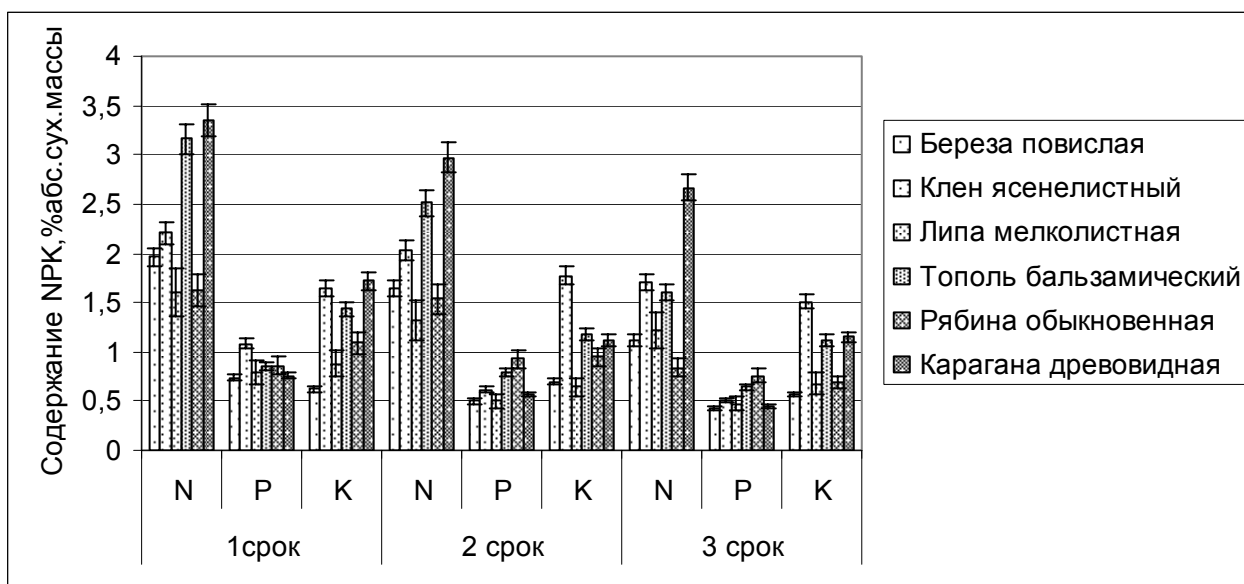


Рис. 34. Динамика содержания NPK в побегах изучаемых видов древесных растений в период подготовки к покою
(3 наблюдения в период сентябрь-октябрь, интервал между наблюдениями – 15 дней)

Анализируя результаты проведенных исследований, можно заключить, что условия техногенной среды нарушают гомеостаз основных элементов минерального питания, проявляющийся в повышении концентраций азота и калия и снижении фосфора в побегах растений. Нарушается и физиологический отток элементов из листьев в стеблевую часть побега в осенний период, что может быть причиной изменений процессов роста и ускорения старения древесных растений в условиях урбаноcреды. Процессы оттока основных элементов видоспецифичны.

Мы также анализировали содержание азота, фосфора и калия в надземной части и корневой системе травостоя в изучаемых типах насаждений. Установлено, что содержание азота в надземной части трав значительно снижено в промзонах (на 1,62) и магистральных посадках (на 1,58) по сравнению с ЗУК

(3,99%), причем самая низкая концентрация данного элемента отмечена на ул. Удмуртская (1,36% абс. сух. массы) (табл. 10). В содержании фосфора в травостое четких различий по типам насаждений нам выделить не удалось, хотя есть определенные особенности в динамике этих элементов у особей в разных пунктах наблюдений. Наиболее высокое содержание фосфора характерно для наземных органов трав в магистральных посадках ул. Удмуртская (1,72), а низкое – ул. К. Либкнехта (0,45% абс. сух. массы). В травянистом покрове насаждений санитарно-защитной зоны предприятия «Буммаш» и магистральных посадках на улице К. Либкнехта концентрация фосфора существенно ниже, чем в ЗУК. Низкое содержание калия в надземной части травостоя наблюдается во всех насаждениях СЗЗ промышленных предприятий.

Таблица 10. Содержание основных элементов минерального питания в травянистом покрове, % абс. сух. массы

Зона	*ЗУК		**СЗЗ		Магистральи	
Структурная часть	Ботанический сад УдГУ	П.Кирова	Буммаш	Ижсталь	Удмуртская	К. Либкнехта
Азот						
Надземная часть	4,29±0,01 4,28-4,31*** ¹	3,69±0,01 3,67-3,70	1,73±0,00 1,69-1,75	3,01±0,00 2,99-3,03	1,35±0,00 1,34-1,38	3,46±0,00 3,43-3,49
Корни	0,84±0,00 0,83-0,85	2,56±0,00 2,53-2,59	2,07±0,00 2,06-2,09	2,25±0,00 2,23-2,28	1,63±0,00 1,62-1,65	2,61±0,00 2,59-2,62
Фосфор						
Надземная часть	1,20±0,00 1,18-1,22	0,96±0,00 0,95-0,96	0,64±0,00 0,63-0,65	1,11±0,00 1,08-1,14	1,72±0,00 1,71-1,72	0,45±0,00 -0,41-0,49
Корни	0,25±0,02 0,22-0,27	0,60±0,01 0,59-0,61	0,46±0,02 0,44-0,48	0,82±0,02 0,80-0,85	0,49±0,03 0,46-0,51	0,66±0,01 0,65-0,66
Калий						
Надземная часть	3,34±0,02 -3,32-3,55	2,07±0,02 2,06-2,09	1,32±0,02 1,30-1,35	1,92±0,01 1,91-1,93	2,37±0,01 2,36-2,37	2,39±0,03 2,36-2,49
Корни	1,20±0,02 -1,18-1,22	0,45±0,01 0,44-0,46	0,47±0,02 0,46-0,49	1,18±0,02 -1,19-1,15	0,67±0,02 -0,65-0,69	0,66±0,01 0,65-0,67

Примечания: *ЗУК – зона условного контроля; **СЗЗ – санитарно-защитные зоны промышленных предприятий; ***¹ – доверительный интервал для среднего (P < 0,05).

Корневая система отличается более низким содержанием азота, фосфора и калия во всех наблюдаемых типах насаждений по сравнению с надземной массой, хотя имеется тенденция к увеличению концентрации азота и фосфора в корнях по мере усиления техногенной нагрузки. В корнях самое низкое содержание азота и фосфора зафиксировано в пригородной зоне, а калия, напротив, – более высокое.

6.2 Зимостойкость почек древесных растений

На зимостойкость древесных растений оказывает влияние отток элементов из листьев в покоящиеся побеги, своевременность и полнота листопада, ко-

которые зависят от условий произрастания древесных растений (влажности и плотности почв, их обеспеченности минеральными элементами, режима освещенности и т.д.) (Барская, 1962; Генкель, Окнина, 1964; Физиология сельскохозяйственных растений, 1968; Крамер, Козловский, 1983).

В связи с тем, что в насаждениях санитарно-защитных зон промышленных предприятий и магистральных посадках побеги древесных растений отличаются низким содержанием азота, по сравнению с зонами условного контроля, мы полагали, что это может отразиться на зимостойкости древесных растений. С целью проверки данного предположения нами проведен анализ зимостойкости почек годовичного побега у древесных растений в насаждениях города с различной степенью техногенной нагрузки. Для анализа в марте отбирали по 10 годовичных побегов (южной экспозиции) у каждого учетного растения. Зимостойкость почек оценивали по шестибалльной шкале: 0 – признаков повреждения нет; 1 – очень слабое повреждение: легкое, едва заметное, побурение почек (фиксируемое на продольном разрезе); 2 – слабое повреждение: слабо заметное побурение почек; 3 – среднее повреждение: хорошо заметное побурение почек; 4 – сильное повреждение: почки окрашены в коричневый цвет; 5 баллов – очень сильное повреждение: почки на продольном срезе окрашены в темно-коричневый, почти черный цвет.

Зимостойкость почек является качественным, или атрибутивным, признаком, для которого использованы соответствующие статистические методы обработки качественных признаков (Доспехов, 1973). Разница повреждений сравнивалась с зоной условного контроля. Устанавливали значимость различия двух долей (зона условного контроля и сравниваемый район) и определяли доверительный интервал разности долей.

Сводные статистические характеристики вычисляли по следующим критериям:

1. Доля признака:

$$p_1 = \frac{n_1}{N_1}; \quad p_2 = \frac{n_2}{N_2},$$

где n – численность группы; N – объем выборки.

2. Ошибка доли:

$$Sp_1 = \sqrt{\frac{p_1 \cdot q_1}{N_1}}, \quad Sp_2 = \sqrt{\frac{p_2 \cdot q_2}{N_2}}$$
$$q_1 = 1 - p_1; \quad q_2 = 1 - p_2,$$

где p и q – выборочные доли.

3. Ошибка разности долей:

$$Sd = \sqrt{Sp_1^2 + Sp_2^2}.$$

4. Доверительный 95%-ный интервал разности долей:

$$(p_1 - p_2) \pm t_{05} \cdot Sd,$$

где t_{05} – теоретическое значение критерия Стьюдента.

5. Критерий существенности разности долей:

$$t_{\phi} = \frac{p_1 - p_2}{Sd}.$$

6. Число степеней свободы:

$$n_1 + n_2 - 2.$$

Результаты анализов показали, что в насаждениях санитарно-защитной зоны предприятия «Буммаш» у древесных растений на 23% сокращается число почек, не имеющих признаков повреждения в зимний период, по сравнению с зоной условного контроля (табл. 11), а число почек со слабой степенью повреждения, наоборот, возрастает на 11%.

В насаждениях санитарно-защитной зоны предприятия «Ижсталь», в сравнении с зонами условного контроля на 11% возрастает число почек побега с признаками слабого повреждения, в то время как количество сильно поврежденных почек, наоборот, снижается на 34%, что можно связать с повышенной температурой в данном районе за счет выбросов предприятий. В магистральных посадках на 24% сокращается число почек без признаков повреждения в зимний период и возрастает количество последних, характеризующихся степенью повреждения 2-3 балла.

6.3 Динамика зольности и содержание тяжелых металлов в побегах растений

Определение зольности является важным показателем химического состава побегов, т.к. по ее параметрам можно судить о накоплении макроэлементов в структурных частях растений. Изучение динамики зольности структурных частей растений может использоваться как показатель качества окружающей среды.

Анализ зольности годовых вегетативных побегов древесных растений (березы повислой, клена ясенелистного, липы мелколистной, тополя бальзамического, рябины обыкновенной, караганы древовидной) мы провели дважды: в начале активной вегетации (конец мая - июнь, когда листья достигают 2/3 своего размера) и в конце вегетационного периода (сентябрь, в фазу осеннего расцвечивания листьев).

Таблица 11. Сравнительные статистические характеристики зимостойкости древесных растений, произрастающих в различных районах города (г. Ижевск, 2006 г.)

Показатели	Показатели	Место произрастания				
		Парк им. Кирова	Буммаш	Ижсталь	Удмуртская	К.Либкнехта
		ЗУК	СЗЗ		Автомобили	
Доля признака р	P ₀	0,67	0,44	0,59	0,43	0,33
	P ₁	0,14	0,15	0,21	0,22	0,15
	P ₂	0,05	0,16	0,16	0,125	0,23
	P ₃	0,02	0,08	0,011	0,05	0,10
	P ₄	0,053	0,067	0	0,05	0,051
	P ₅	0,06	0,107	0,022	0,125	0,14
Выборочная доля q	q ₀	0,33	0,56	0,41	0,57	0,67
	q ₁	0,86	0,85	0,79	0,78	0,85
	q ₂	0,95	0,84	0,84	0,875	0,77
	q ₃	0,98	0,92	0,989	0,95	0,90
	q ₄	0,95	0,93	1	0,95	0,049
	q ₅	0,94	0,893	0,978	0,875	0,86
Ошибка доли S _p	S _{p0}	0,048	0,057	0,052	0,045	0,053
	S _{p1}	0,036	0,041	0,043	0,038	0,04
	S _{p2}	0,022	0,042	0,04	0,03	0,047
	S _{p3}	0,014	0,031	0,011	0,02	0,034
	S _{p4}	0,023	0,028	0	0,02	0,0056
	S _{p5}	0,025	0,036	0,015	0,03	0,039
Ошибка разности долей S _d	S _{d0}	-	0,074	0,071	0,066	0,071
	S _{d1}	-	0,055	0,056	0,049	0,054
	S _{d2}	-	0,048	0,046	0,037	0,052
	S _{d3}	-	0,035	0,018	0,024	0,04
	S _{d4}	-	0,036	0,023	0,030	0,024
	S _{d5}	-	0,044	0,029	0,04	0,046
Критерий значимости t _ф	t _{ф0}	-	-2,7	-1,13	-3,64	-4,75
	t _{ф1}	-	0,18	1,25	1,63	0,18
	t _{ф2}	-	2,29	2,39	2,03	3,46
	t _{ф3}	-	1,71	-0,5	1,25	2,0
	t _{ф4}	-	0,39	-2,3	-0,10	-0,08
	t _{ф5}	-	1	-1,31	1,55	1,67
Коэффициент Стьюдента	t ₀₅	-	1,96	1,96	1,96	1,96
Разность	0	-	t _{ф0} > t ₀₅	t _{ф0} < t ₀₅	t _{ф0} > t ₀₅	t _{ф0} < t ₀₅
	1	-	t _{ф0} < t ₀₅	t _{ф0} < t ₀₅	t _{ф0} < t ₀₅	t _{ф0} < t ₀₅
	2	-	t _{ф0} > t ₀₅	t _{ф0} > t ₀₅	t _{ф0} > t ₀₅	t _{ф0} > t ₀₅
	3	-	t _{ф0} < t ₀₅	t _{ф0} < t ₀₅	t _{ф0} < t ₀₅	t _{ф0} > t ₀₅
	4	-	t _{ф0} < t ₀₅	t _{ф0} > t ₀₅	t _{ф0} < t ₀₅	t _{ф0} < t ₀₅
	5	-	t _{ф0} < t ₀₅	t _{ф0} < t ₀₅	t _{ф0} < t ₀₅	t _{ф0} < t ₀₅

Примечание. * t_{ф0} – индекс соответствует баллу поврежденности почек.

Листья в оба периода вегетации отличаются большей зольностью (5,4-16,0%) по сравнению со стеблевой частью побега (1,7-9,8%) (табл. 12). Установлено, что в насаждениях промзон и магистралей у подавляющего большинства изученных видов древесных растений, за исключением караганы древовидной, зольность стеблевой части побега достоверно превосходит показатели в пригородной и парковой зонах (в оба срока наблюдений). В насаждениях санитарно-защитных зон предприятий накопление зольных элементов в листьях по сравнению с парковой зоной отмечено лишь у тополя бальзамического – на 3,21%, липы мелколистной – 2,53%. В условиях наибольшей техногенной нагрузки (магистральные посадки) зольность листьев у всех изученных видов достоверно превышает значения в ЗУК.

В зоне условного контроля наибольшее содержание зольных элементов отмечено в листьях у клена ясенелистного (11,2), тополя бальзамического (11,3) и в стеблевой части побега рябины обыкновенной (5,8%). В насаждениях промышленных зон и магистралей изучаемые виды между собой не имели статистических различий в содержании золы в листьях. Тополь бальзамический в этих типах насаждений имеет подтвержденное статистически наиболее высокое содержание зольных элементов в стеблевой части побега (8,85%).

Анализ динамики содержания зольных элементов в листьях показал, что в ЗУК у березы повислой, рябины обыкновенной к концу вегетационного периода происходит накопление зольных элементов (повышение на 1,13-2,45%). В насаждениях загрязненных районов города к фазе осеннего расцветивания листьев их зольность существенно возрастает у тополя бальзамического и липы мелколистной (в СЗЗ промышленных предприятий). В магистральных посадках у всех изучаемых видов древесных растений наблюдается накопление зольных элементов в течение вегетации. Стеблевые части побега у всех видов в каждом из типов насаждений статистических различий не имели.

Проведенные исследования показали, что в условиях повышенной техногенной нагрузки зольность побегов, как его стеблевой части, так и листьев, у большинства изучаемых видов древесных растений увеличивается. Отмеченную особенность нельзя объяснить благоприятным режимом минерального питания, скорее всего это результат накопления (аккумуляции) ряда элементов в растениях, в результате поглощения загрязняющих веществ, либо как результат нарушения обменных процессов (например, нарушение оттока элементов из листьев в побеги в осенний период).

В начале активной вегетации (июнь) надземные части травянистых растений, произрастающих в разных типах насаждений, по показателю зольности достоверных различий не имели. А в осенний период наибольшей зольностью характеризуется травянистый покров, в СЗЗ промышленных предприятий (11,90) и магистральных посадках (11,88), по сравнению с зонами условного контроля (9,12%).

Таблица 12. Содержание золы в побегах древесных растений, произрастающих в различных по функциональному назначению районах города, % (г. Ижевск)

Вид растения	Период вегетации	Место произрастания					
		ЗУК*		СЗЗ промышленных предприятий**		магистрالی	
		листья	стебли	листья	стебли	листья	стебли
Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth.	весна	6,51±0,12 6,19-6,83***	1,66±0,12 1,42-1,89	6,15±0,68 4,40-7,90	4,45±0,57 2,99-5,90	5,39±0,11 5,05-5,73	3,10±0,41 1,34-4,86
	осень	7,64±0,002 7,63-7,64	1,81±0,15 1,51-2,12	8,77±1,35 5,30-12,24	3,59±0,46 2,41-4,78	8,82±0,23 8,09-9,54	2,93±0,27 2,06-3,80
Клен американский <i>Acer negundo</i> L.	весна	12,15±0,02 11,98-12,87	1,96±0,21 1,53-2,39	9,98±0,63 8,35-11,61	4,45±0,49 3,20-5,70	12,54±0,003 12,53-12,55	4,09±0,03 3,71-4,47
	осень	11,20±0,04 11,11-11,29	1,50±0,09 1,32-1,68	12,31±0,95 9,86-14,76	4,24±0,38 3,26-5,22	15,97±0,003 15,97-15,98	4,99±0,004 4,97-4,99
Тополь бальзамический <i>Populus balsamifera</i> L.	весна	12,50±0,07 11,60-13,40	2,50±0,02 1,36-3,63	10,07±0,43 8,82-13,32	7,12±0,01 6,09-9,15	11,45±0,62 9,87-13,03	6,39±0,36 5,47-7,31
	осень	11,17±0,06 11,02-11,31	2,29±0,69 1,81-3,77	14,38±0,88 13,83-15,94	8,55±0,74 7,80-10,30	15,27±0,61 12,56-17,98	6,68±0,26 6,03-7,34
Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill.	весна	8,45±0,96 7,70-10,00	2,05±0,67 1,61-3,50	8,12±0,001 6,13-9,10	7,85±0,62 6,97-8,73	9,54±0,19 8,75-10,34	5,45±0,07 5,27-5,91
	осень	8,07±0,13 8,72-8,41	2,11±0,94 1,14-3,09	10,60±0,06 10,45-10,75	6,27±0,12 6,39-6,14	11,10±0,10 9,89-12,30	6,96±0,21 4,35-9,56
Рябина обыкновенная <i>Sorbus aucuparia</i> L.	весна	7,37±0,13 7,02-7,71	4,53±0,01 4,50-4,56	9,42±0,13 9,08-9,75	2,61±0,29 1,68-3,55	7,52±0,07 7,34-7,70	5,61±0,42 4,25-6,96
	осень	9,82±0,05 9,69-9,94	5,76±0,12 5,46-6,12	9,27±0,36 8,63-10,90	4,07±0,04 3,88-4,26	14,72±0,18 14,26-14,17	9,87±0,15 8,78-11,11

Окончание таблицы 12

Вид растения	Период вегетации	Место произрастания					
		ЗУК*		СЗЗ промышленных предприятий**		Магистралей	
		листья	стебли	листья	стебли	листья	стебли
Карагана древовидная <i>Caragana arborescens</i>	весна	5,07±0,07 4,75-5,38	2,81±0,02 2,74-2,89	10,19±0,01 10,06-10,32	4,42±0,45 2,50-6,35	8,31±0,07 7,42-9,20	3,73±0,39 2,06-5,39
	осень	8,34±0,09 7,94-8,74	2,06±0,07 1,23-2,88	9,84±0,35 8,73-10,95	2,47±0,17 0,37-4,56	11,34±0,23 10,64-12,04	5,92±1,32 0,25-11,60
Травянистый покров	весна	13,50±0,41 12,44-14,56	нет данных	14,75±0,37 13,57-15,93	нет данных	13,87±0,86 11,15-16,60	нет данных
	осень	9,12±0,01 9,07-9,17	нет данных	11,90±0,28 10,71-13,09	нет данных	11,88±0,15 11,25-12,52	нет данных

Примечания: *ЗУК – зона условного контроля; **СЗЗ – санитарно-защитные зоны промышленных предприятий;

*** – доверительный интервал для среднего ($P < 0,05$).

Помимо зольности мы определили содержание тяжелых металлов в надземной части травостоя в период окончания вегетации растений (сентябрь). Тяжелые металлы нарушают нормальный ход биохимических процессов, влияют на синтез и функции многих активных соединений.

Для интерпретации полученных результатов нами использовалась шкала, приводимая А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас (1989), т.к. в ней указана градация содержания в листьях достаточно широкого спектра химических элементов (табл. 13).

Таблица 13. Примерная концентрация микроэлементов в зрелых тканях листьев по обобщенным данным для видов растений, мг/кг сухой массы

Элемент	Достаточная или нормальная	Избыточная или токсичная
Zn	27-150	100-400
Cd	0,05-0,2	5-30
Cu	5-30	20-100
Ni	0,1-5	10-100
Cr	0,1-0,5	5-30
Mn	20-300	300-500
Mo	0,2-1	10-50
Co	0,02-1	15-50
Pb	5-10	30-300

Для оценки интенсивности накопления микроэлементов мы использовали коэффициент биологического накопления (КБН), представляющий собой частное от деления содержания микроэлемента в абсолютно сухой биомассе на его содержание в корнеобитаемом слое почвы (Ловкова, Рабинович, Понамарева и др., 1989). При значениях КБН равных и более 1 считается, что в растении происходит накопление данного элемента.

Интенсивность поглощения элементов оценивается по коэффициенту биологического поглощения КБП, который рассчитывается как частное от деления содержания микроэлемента в золе на его содержание в корнеобитаемом слое почвы. По интенсивности биологического поглощения все элементы делятся на следующие группы: элементы энергичного поглощения (КБП = 10-100); вторая группа – сильного поглощения (КБП = 1-10); третья – слабого поглощения и среднего захвата (КБП = 0,1-1); четвертая – элементы слабого захвата (КБП = 0,01-0,1) (Братчук, 2001; Винокурова, 2003).

Травостой во всех типах насаждений имеет лишь следы цинка. Молибден и кадмий содержатся в концентрациях, превышающих нормальные, но не являющихся токсичными. Эти элементы являются элементами сильного поглощения. Показатель КБН свидетельствует об их накоплении в травянистом покрове изучаемых типов насаждений (табл. 14).

Следует заключить, что в травостое зон условного контроля избыточных концентраций изучаемых элементов не зафиксировано. Медь, никель, марганец

и хром для травянистого покрова в насаждениях зон условного контроля являются элементами слабого поглощения и среднего захвата. Концентрации первых трех указанных выше элементов не превышают норму, а содержание хрома близко к избыточному. Кобальт, являясь элементом слабого захвата, в травянистом покрове не накапливается, и его концентрации характеризуются как нормальные. Для свинца также установлены концентрации, не превышающие норму, хотя этот элемент является для травянистого покрова элементом сильного поглощения.

Для травостоя санитарно-защитных зон промышленных предприятий медь, марганец, кобальт и свинец являются элементами слабого захвата, содержатся в концентрациях, не превышающих норму, и не накапливаются в растениях. Содержание кадмия превышает норму, но не избыточно, элемент относится к группе слабого поглощения и среднего захвата. Никель и хром – являются элементами слабого поглощения и среднего захвата, они содержатся в травянистом покрове в избыточных концентрациях, причем как в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий, так и магистральных посадок.

В магистральных посадках травостой имеет не превышающие норму концентрации кадмия, меди и кобальта, их КБП соответствуют слабому поглощению и среднему захвату из почвы. Содержание марганца и свинца в травянистых растениях также находится в пределах нормы, а сами элементы относятся к группе элементов слабого захвата.

Таким образом, в травостое магистральных посадок обнаружены избыточные и превышающие нормальные концентрации никеля, хрома и молибдена, а в насаждениях санитарно-защитной зоны предприятия ОАО «Ижсталь», кроме указанных элементов, выявлено превышающее нормальные концентрации содержание кадмия.

У древесных растений содержание тяжелых металлов определяли в период листопада. У березы повислой превышающие нормальные концентрации установлены для кадмия, никеля, хрома (в ЗУК), хрома и кобальта (в СЗЗ промышленных предприятий) и хрома (в магистральных посадках), эти элементы, как правило являются для березы повислой элементами слабого поглощения и среднего захвата. Избыточные концентрации из анализируемых металлов у этого вида установлены лишь для марганца (причем в зонах условного контроля – 2833,44 мг/кг сух. массы), который характеризуется как элемент сильного поглощения (табл. 15).

У клена ясенелистного превышающие норму концентрации характерны для молибдена (во всех типах насаждений) и никеля (в ЗУК и магистральных посадках), причем никель является элементом слабого поглощения и среднего захвата, а молибден – как правило, элементом сильного поглощения. У клена ясенелистного зафиксированы избыточные концентрации меди (в ЗУК), никеля – в СЗЗ промышленных предприятий и хрома (во всех типах насаждений). Никель и хром являются элементами слабого поглощения и среднего захвата, а медь, является биогенным элементом сильного захвата. Таким образом, у клена ясенелистного наблюдается тенденция накопления тяжелых металлов в листьях

к концу вегетационного периода и их удаления вместе с опавшими листьями, что можно рассматривать как адаптивную реакцию.

У обоих видов во всех типах насаждений цинк не превышает нормальных концентраций, а свинец и кадмий обнаружены в весьма низких концентрациях или в анализируемых образцах лишь следы. Исключением является содержание кадмия у березы повислой, произрастающей в насаждениях зон условного контроля (превышает норму, но не избыточное).

Во всех функциональных зонах города отмечено избыточное и превышающие нормальные концентрации содержание хрома в листьях изучаемых видов древесных растений. Хром, на наш взгляд, поступает в растение фолиарно, т.к. данный элемент концентрируется в верхнем слое почвы, который слабо пронизан корневой системой древесных растений, к тому же доступная для растений форма Cr^{6+} весьма нестабильна.

Установлено, что высокие значения коэффициента биологического поглощения характерны лишь для биогенных металлов (Zn, Cu, Mn и Mo).

Таблица 14. Коэффициенты биологического поглощения (КБП), биологического накопления (КБН) и концентрации химических элементов у травянистых растений в насаждениях различных функциональных зон города (г. Ижевск)

Место произрастания	Концентрации элемента и коэффициенты	Химические элементы								
		Zn	Cd	Cu	Ni	Cr	Mn	Mo	Co	Pb
зоны условного контроля	мг/кг золы	0,210	0,460	7,300	4,000	4,900	153,000	2,200	0,750	5,900
	мг/кг сух. массы	0,209	0,456	7,235	3,960	4,860	151,635	2,180	0,743	5,847
	мг/кг абс. сух. массы	0,195	0,426	6,765	3,700	4,540	141,780	2,040	0,695	5,467
	КБП	0,004	3,800	0,640	0,170	0,380	0,260	4,600	0,088	1,200
	КБН	0,004	3,550	0,590	0,160	0,350	0,240	4,160	0,080	1,072
санитарно-защитные зоны промышленных предприятий	мг/кг золы	следы	0,210	5,000	12,000	17,000	50,000	5,600	0,480	5,400
	мг/кг сух. массы	следы	0,285	6,793	16,740	22,640	67,940	7,610	0,650	7,340
	мг/кг абс. сух. массы	следы	0,266	6,352	15,650	21,164	63,520	7,110	0,610	6,860
	КБП	следы	0,168	0,046	0,260	0,235	0,070	1,200	0,040	0,050
	КБН	следы	0,213	0,058	0,337	0,290	0,087	1,360	0,050	0,067
магистральные посадки	мг/кг золы	следы	0,090	6,000	12,500	18,000	26,000	3,400	0,600	2,600
	мг/кг сух. массы	следы	0,110	7,280	15,170	24,840	31,550	4,130	0,728	3,160
	мг/кг абс. сух. массы	следы	0,102	6,810	14,180	20,420	29,500	3,860	0,681	2,950
	КБП	следы	0,180	0,200	0,450	0,610	0,030	2,200	0,270	0,180
	КБН	следы	0,200	0,220	0,510	0,670	0,033	2,520	0,310	0,200

Таблица 15. Коэффициенты биологического поглощения (КБП), биологического накопления (КБН) и концентрации химических элементов у древесных растений в различных функциональных зонах города (г. Ижевск)

Место произрастания	Концентрации элемента и коэффициенты	Химические элементы								
		Zn	Cd	Cu	Ni	Cr	Mn	Mo	Co	Pb
Береза повислая										
зоны условного контроля	мг/кг золы	180,861	0,509	10,664	13,072	5,427	3752,270	0,417	1,127	3,552
	мг/кг сух. массы	136,659	0,380	7,564	7,553	3,774	2833,437	0,308	0,756	3,019
	мг/кг абс. сух. массы	148,412	0,413	8,214	8,203	4,099	3077,113	0,334	0,821	3,279
	КБП	5,233	2,554	0,385	0,432	0,451	9,623	0,425	0,233	0,310
	КБН	4,289	1,777	0,299	0,432	0,344	7,886	0,325	0,173	0,285
санитарно-защитные зоны промышленных предприятий	мг/кг золы	83,545	следы	11,165	6,098	2,857	120,043	следы	0,534	3,126
	мг/кг сух. массы	59,283	следы	8,036	4,023	2,005	84,406	следы	4,023	2,010
	мг/кг абс. сух. массы	64,381	следы	8,727	4,369	2,177	91,665	следы	4,369	2,183
	КБП	0,384	следы	0,098	0,089	0,041	0,172	следы	0,039	0,031
	КБН	0,288	следы	0,083	0,087	0,032	0,134	следы	0,369	0,018
магистральные посадки	мг/кг золы	96,624	следы	6,672	2,424	2,798	106,608	следы	0,329	2,285
	мг/кг сух. массы	95,852	следы	6,386	2,127	2,847	105,832	следы	0,363	2,124
	мг/кг абс. сух. массы	104,095	следы	6,935	2,310	3,092	114,933	следы	0,394	2,307
	КБП	2,304	следы	0,355	0,131	0,148	0,333	следы	0,079	0,168
	КБН	2,477	следы	0,380	0,129	0,155	0,357	следы	0,088	0,171

Окончание таблицы 15

Место произрастания	Концентрации элемента и коэффициенты	Химические элементы								
		Zn	Cd	Cu	Ni	Cr	Mn	Mo	Co	Pb
Клен ясенелистный										
зоны условного контроля	мг/кг золы	35,522	следы	133,438	10,164	13,563	141,002	1,776	0,389	4,444
	мг/кг сух. массы	27,645	следы	101,978	7,672	10,738	108,122	1,541	0,307	3,065
	мг/кг абс. сух. массы	30,023	следы	110,748	8,332	11,662	117,421	1,674	0,333	3,329
	КБП	1,029	следы	4,809	0,532	1,142	0,355	1,782	0,077	0,377
	КБН	0,873	следы	4,002	0,445	0,985	0,304	1,602	0,066	0,293
санитарно-защитные зоны промышленных предприятий	мг/кг золы	16,085	следы	21,708	19,162	23,316	83,884	1,930	1,061	0,929
	мг/кг сух. массы	12,798	следы	17,223	15,226	18,483	66,569	1,509	0,794	0,722
	мг/кг абс. сух. массы	13,899	следы	18,704	16,535	20,073	72,294	1,639	0,862	0,784
	КБП	0,068	следы	0,168	0,413	0,324	0,122	0,368	0,086	0,010
	КБН	0,062	следы	0,171	0,355	0,284	0,102	0,314	0,069	0,011
магистральные посадки	мг/кг золы	111,340	следы	27,548	11,972	13,072	124,263	2,831	1,370	7,581
	мг/кг сух. Массы	79,201	следы	19,970	8,567	9,271	88,446	2,137	0,722	5,710
	мг/кг абс. сух. массы	86,012	Следы	21,687	9,304	10,068	96,052	2,321	0,784	6,201
	КБП	2,648	Следы	1,499	0,673	0,704	0,387	2,568	0,322	0,551
	КБН	2,049	Следы	1,182	0,532	0,544	0,302	2,189	0,175	0,452

ГЛАВА 7. РЕЙТИНГОВАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ И ПРИРОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА ИЗУЧАЕМЫХ РАСТЕНИЙ В НАСАЖДЕНИЯХ ГОРОДА

Для сопоставления устойчивости, аккумулирующей способности и продуктивности изучаемых видов мы использовали сравнительную (рейтинговую) оценку, присвоив каждому из видов условные баллы по уровню пылеудерживающей и водоудерживающей способности листьев и интенсивности фотосинтеза (на основе параметров, представленных в предыдущих главах). В результате получены следующие итоги. На рисунке 35 представлены усредненные данные рейтинговой оценки видов в городских насаждениях (с учетом результатов всего периода вегетации).

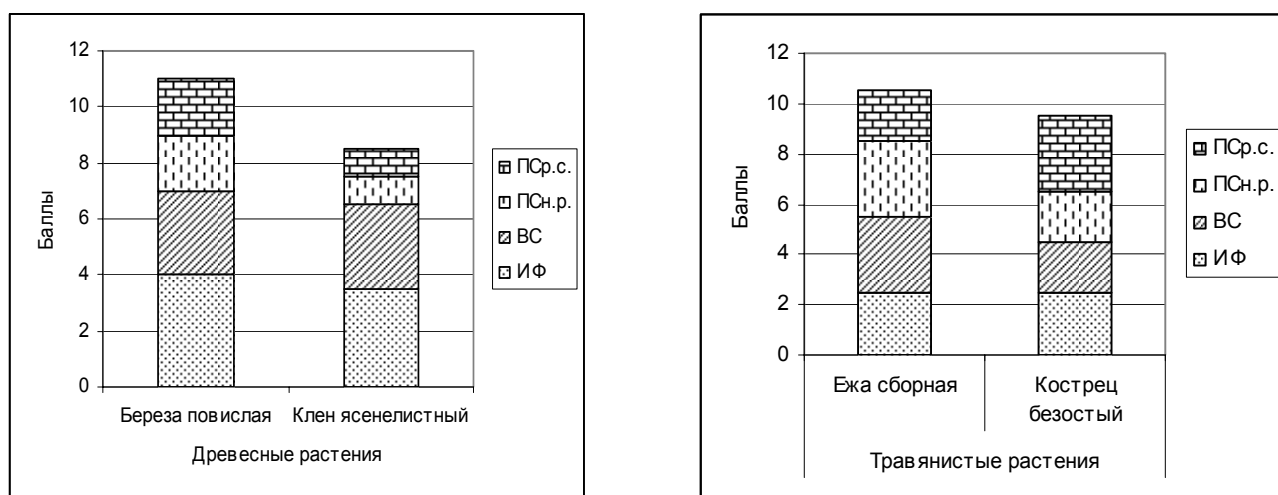


Рис. 35. Рейтинговая оценка состояния изучаемых видов древесных и травянистых растений в городских условиях (г. Ижевск)

Примечания: ИФ – интенсивность фотосинтеза; ВС – водоудерживающая способность листьев; ПС_{н.р.} – способность листьев удерживать нерастворимые частицы пыли; ПС_{р.с.} – способность листьев удерживать растворимые частицы пыли.

Максимально возможных баллов рейтинга (20 баллов) не присвоено ни одному из изучаемых видов древесных и травянистых растений. Интенсивность фотосинтеза и водоудерживающая способность у березы повислой, клена ясенелистного находится примерно на одном уровне (4 и 3 балла соответственно). Рейтинговая оценка пылеудерживающей способности листьев у березы повислой в 2 раза выше, чем у клена ясенелистного (1 балл). Интенсивность фотосинтеза у ежи сборной и костреца безостого находятся на одинаковом уровне (2,5 балла). По уровню водоудерживающей способности отличается кострец безостый (2 балла), тогда как у ежи сборной рейтинг по этому показателю составляет 3 балла. Рейтинговая оценка пылеудерживающей способности листьев

(нерастворимых частиц) выше у ежи сборной, а растворимых пылевых частиц, напротив, у костреца безостого.

На рисунке 36 представлен рейтинг изучаемых видов по показателям июля. В июле листья растений достигают максимальной функциональной активности, в то же время по многолетним данным в период вегетации растений июль является месяцем с наибольшим уровнем загрязнения почв и атмосферного воздуха.

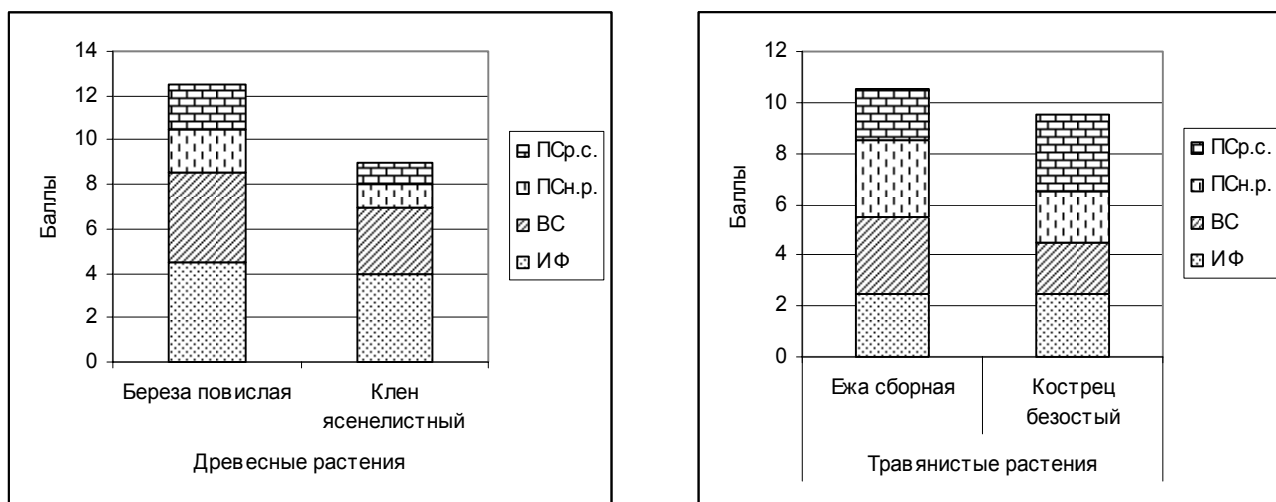


Рис. 36. Рейтинговая оценка состояния изучаемых видов древесных и травянистых растений в городских условиях (июль, г. Ижевск)

Примечания: ИФ – интенсивность фотосинтеза; ВС – водоудерживающая способность листьев; ПС_{н.р.} – способность листьев удерживать нерастворимые частицы пыли; ПС_{р.с.} – способность листьев удерживать растворимые частицы пыли.

В этот период изучаемые виды травянистых растений обладают одинаковой рейтинговой оценкой по интенсивности фотосинтеза. Водоудерживающая способность листьев выше у ежи сборной на 1 балл, чем костреца безостого (2 балла). Пылеудерживающая способность листьев нерастворимых частиц выше у ежи сборной, а растворимых пылевых частиц у костреца безостого. Клен ясенелистный показывает наименьший уровень рейтинга по всем показателям, чем береза повислая.

Исходя из того, что физиолого-биохимические показатели у изучаемых видов тесно связаны с условиями места произрастания растений, мы провели рейтинговую оценку изучаемых видов в разных типах насаждений (рис. 37).

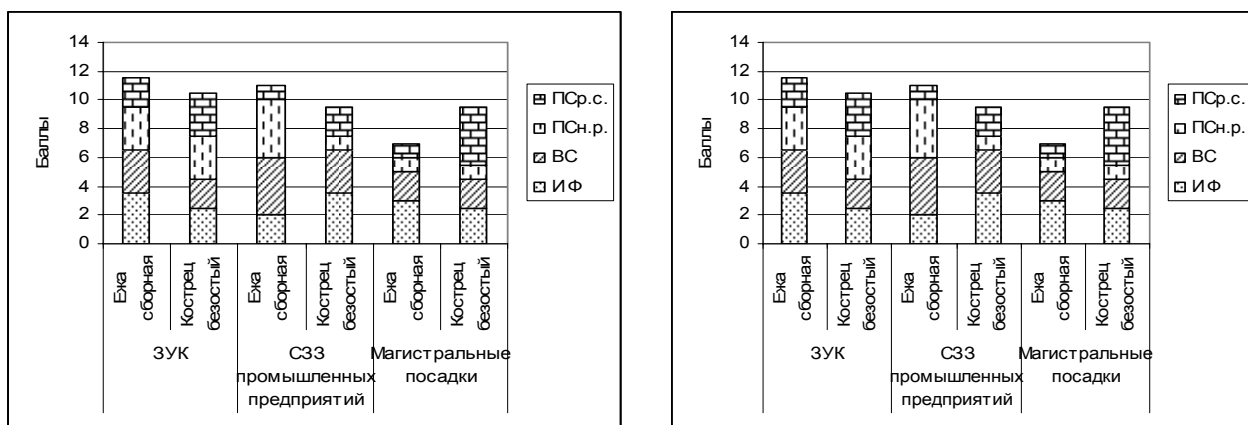


Рис. 37. Рейтинговая оценка состояния изучаемых видов древесных и травянистых растений, произрастающих в разных типах насаждений (г. Ижевск)

Примечания: ИФ – интенсивность фотосинтеза; ВС – водоудерживающая способность листьев; ПС_{н.р.} – способность листьев удерживать нерастворимые частицы пыли; ПС_{р.с.} – способность листьев удерживать растворимые частицы пыли.

Уровень интенсивности фотосинтеза постепенно снижается у березы повислой в условиях техногенной нагрузки. У клена ясенелистного он не меняется. Уровень водоудерживающей способности повышается у березы повислой как в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий, так и в магистральных посадках. У клена ясенелистного рейтинговые баллы ВС снижаются лишь в насаждениях промзон. Уровень пылеудерживающей способности листьев у березы повислой снижается в ряду: ЗУК – СЗЗ промышленных предприятий – магистральные посадки. У клена ясенелистного баллы этого показателя (по нерастворимым частицам пыли) остаются на одном уровне. Рейтинговая оценка аккумуляции растворимых пылевых частиц показала повышение ее рейтинга у клена ясенелистного в насаждениях санитарно-защитной зоны. Интенсивность фотосинтеза ежи сборной возрастает в следующем ряду: СЗЗ промышленных предприятий – магистральные посадки – ЗУК, а у костреца безостого повышается лишь в насаждениях санитарно-защитных зон промышленных предприятий. У ежи сборной рейтинговые баллы водоудерживающей способности снижаются в магистральных посадках и увеличиваются в насаждениях промышленных зон, также данное увеличение отмечено и у костреца безостого. Уровень пылеудерживающей способности (нерастворимых пылевых частиц) у ежи сборной снижается в магистральных посадках, а у костреца безостого – и в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий и в магистральных посадках, по сравнению с зонами условного контроля. Рейтинговая оценка аккумуляции растворимых пылевых частиц показала ее снижение у ежи сборной при возрастании техногенной нагрузки, а у костреца безостого даже возрастает в магистральных посадках.

Таким образом, у березы повислой уровень ВС увеличивается в насаждениях с техногенной нагрузкой, а интенсивность фотосинтеза снижается. У клена ясенелистного увеличение пылеудерживающей способности растворимых частиц прослеживается в насаждениях санитарно-защитных зон промышленных предприятий. У ежи сборной самые низкие изучаемые показатели выявлены у особей, произрастающих в магистральных посадках. У костреца безостого при низком уровне пылеудерживающей способности нерастворимых частиц в насаждениях специального назначения возрастает в 2-4 раза уровень ПС растворимых частиц.

На основании полученных показателей физиолого-биохимического состояния древесных и травянистых растений мы рассчитали природный потенциал (Пп) изученных древесных растений и травостоя в насаждениях г. Ижевска по методике Е.И. Голубевой (2004). Показатель Пп рассчитывается как $1/N$ от суммы отношений изучаемых показателей к аналогичным в фоновых условиях:

$$\text{Пп} = 1/N * (\sum A_i / A_{i0}),$$

где A_i – величина из N выбранных; A_{i0} – аналогичная величина i -го показателя в эталонной системе; N – количество анализируемых показателей.

Для насаждений санитарно-защитных зон промышленных предприятий природный потенциал древесных растений составил 1,40, в магистральных посадках его значение оказалось ниже на 25,71% (1,04). Стоит отметить, что у клена ясенелистного природный потенциал в два раза выше, чем у березы повислой, за счет более высокой пылеудерживающей способности. У травянистых растений в насаждениях санитарно-защитных зон Пп составил 0,94, в магистральных посадках – 0,74 (ниже на 21,28%). Из полученных данных видно, что природный потенциал древесных растений в 1,5 раза выше, чем у травостоя. И у древесных, и у травянистых растений магистральных посадок природный потенциал значительно снижается по сравнению с насаждениями СЗЗ промышленных предприятий, в среднем на 23%.

На основании проведенной рейтинговой оценки при реконструкции насаждений с высокой техногенной нагрузкой можно рекомендовать использование изученных видов, березы повислой и клена ясенелистного, из-за высокой ассимиляционной активности и пылеудерживающей способности листьев. Фертильность пыльцы у ежи сборной можно рекомендовать как информативный показатель при оперативном мониторинге, т. к. в условиях техногенной нагрузки происходит снижение качества пыльцевых зерен.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Насаждения санитарно-защитных зон промышленных предприятий и магистральных посадок в городе Ижевске по структуре и площадям не соответствуют принятым нормативам, нуждаются в реконструкции. В видовом составе преобладают береза повислая (*Betula pendula* Roth.), клен ясенелистный (*Acer negundo* L.), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.), тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam.). Наибольшие баллы жизненного состояния имеет береза повислая и клен ясенелистный. В целом в насаждениях города преобладают древесные растения удовлетворительного состояния. В травянистом покрове доминируют ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.) и кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leyss) Holub).

Интенсивность фотосинтеза у изученных древесных и травянистых растений зависит от метеорологических условий и уровня загрязнения среды. В благоприятные по метеоусловиям годы максимальных значений интенсивность фотосинтеза достигает в июне, тогда как в годы с температурами и осадками, существенно отклоняющимися от нормы, это наблюдается в июле - августе. У клена ясенелистного в условиях техногенной нагрузки интенсивность фотосинтеза возрастает, а у березы повислой, наоборот, резко снижается. У представителей травянистого покрова – ежи сборной и костреца безостого – в насаждениях санитарно-защитных зон промышленных предприятий и магистральных посадках интенсивность фотосинтеза лишь в благоприятные по метеорологическим условиям годы превосходит зоны условного контроля.

У березы повислой высокая водоудерживающая способность (ВС) листьев в условиях интенсивной техногенной нагрузки совпадает со снижением ассимиляционной активности, у клена ясенелистного, обладающего более высокими показателями интенсивности фотосинтеза, отмечаются средние показатели ВС листьев. Аналогичная связь между интенсивностью фотосинтеза и водоудерживающей способностью листьев наблюдается у костреца безостого, а у ежи сборной установлена обратная зависимость.

Древесные растения, имеющие меньшую площадь листовой поверхности, в большей степени удерживают нерастворимые частицы пыли. В тоже время, деревья, обладающие крупными листовыми пластинками, отличаются более высокой аккумуляцией растворимой фракции пыли. Листья ежи сборной в большей степени осаждают нерастворимую, а костреца безостого, наоборот, растворимую фракцию пылевых частиц.

У ежи сборной в городской среде достоверно изменяются генеративные структуры. Под воздействием техногенной нагрузки снижается фертильность пыльцы, укорачиваются генеративные побеги, возрастает их плотность произрастания. Кострец безостый проявляет достаточно высокую устойчивость качества пыльцевых зерен, и его снижение наблюдается лишь в отдельные годы в

условиях повышенной влажности. Достоверных изменений размеров и плотности генеративных побегов у этого вида не выявлено.

Высокие концентрации азота, фосфора и калия установлены в побегах клена ясенелистного, тополя бальзамического; калия и азота – у караганы древовидной. Интродуцированные виды отличаются более высоким содержанием азота и калия. Содержание азота в побегах растений резко снижается в ряду ЗУК – СЗЗ промышленных предприятий – магистральные посадки. Недостаток калия наблюдается в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий. У большинства изученных видов листья значительно превосходят стебли по содержанию азота.

Условия техногенной среды нарушают баланс основных элементов минерального питания и динамику их физиологического оттока из листьев в стеблевую часть побегов в осенний период, что влияет на устойчивость и ранневесеннее развитие побегов. Возрастает зольность побегов древесных растений. У клена ясенелистного в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий и магистральных посадках обнаружены избыточные концентрации меди и никеля.

В насаждениях специального назначения у растений обнаружены избыточные и превышающие нормальные концентрации никеля, молибдена и кадмия, повышена зольность. Во всех функциональных зонах города отмечено избыточное содержание хрома в листьях. Высокие значения коэффициента биологического поглощения характерны для биогенных металлов – Zn, Cu, Mn и Mo.

Необходимо организовать дифференцированный подбор древесных и травянистых растений для создания различных экологических категорий насаждений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев Ю.Е., Жмылев П.Ю., Карпухина Е.А. Деревья и кустарники. Энциклопедия природы России. – М., 1997. – 592 с.
2. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия. – М.: Логос, 2000. – 627 с.
3. Алябьева Е.А. Морфо-экологические адаптации *Plantago major* L. к городским условиям // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: матер. 2 Всерос. науч. конф. – Йошкар-Ола: ООО «Стринг», 2006. – С. 306-307.
4. Антипов В.Г. Устойчивость древесных растений к промышленным газам. – Минск: Наука и техника, 1979. – 214 с.
5. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: МГУ, 1961. – 491 с.
6. Артамонов В.И. Растения и чистота природы. – М.: Наука, 1986. – 172 с.
7. Арустамов Э.А., Левакова И.В., Баркалова Н.В. Экологические основы природопользования. – М.: Изд. дом «Дашков и К», 2001. – 236 с.
8. Бабайцева Т.А., Емельянова А.П., Павлов М.А. и др. Сорта полевых культур возделываемые в Удмуртской республике. – Ижевск: Шеп, 2002. – 117 с.
9. Баранова О.Г. Местная флора Удмуртии: анализ, конспект, охрана. – Ижевск: УдГУ, 2002. – 199 с.
10. Баранова О.Г., Ильминских Н.Г., Пузырев А.Н. и др. Конспект флоры Удмуртии. – Ижевск: Изд-во УдГУ, 1992. – 141 с.
11. Баранова М.Е., Пиотрашко Л.А. Знаете ли вы луговые растения? – М.: Ураджай, 1985. – 88 с.
12. Барахтенова Л.А. Влияние сернистого газа на фотосинтез растений. – Новосибирск: Наука, 1983. – 143 с.
13. Барахтенова Л.А., Николаевский В.С. Влияние сернистого газа на фотосинтез растений. – Новосибирск: Наука, 1988. – 85 с.
14. Барбер С.А. Биологическая доступность питательных веществ в почве. Механистический подход // Под ред. Э.Е. Хавкина. – М.: Агропромиздат, 1988. – 376 с.
15. Батова Ю.В. Репродуктивные возможности *Alopecurus pratensis* L. в условиях Карелии: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05. – Петрозаводск, 2007. – 18 с.
16. Безель В.С., Большаков В.Н., Воробейчик Е.Л. Популяционная экотоксикология. – М.: Наука, 1994. – 80 с.
17. Безель В.С., Жуйкова Т.В., Позолотина В.Н. Структура ценопопуляций одуванчика и специфика накопления тяжелых металлов // Экология. – № 5. – 1998. – С. 376-382.
18. Безуглая Э.Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 184 с.

19. *Беляева Л.В., Николаевский В.С.* Биоиндикация загрязнения атмосферного воздуха и состояние древесных растений // Научные труды МЛТИ, вып. 222. – 1989. – С. 36-47.
20. *Берлянд М.Е., Кондратьев К.Я.* Города и климат планеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 40 с.
21. *Бессонова В.П., Лыженко И.И.* Изменение содержания фосфора в листьях древесных и кустарниковых растений в техногенных условиях произрастания // Вопросы лесной биогеоценологии, экологии и охраны природы в степной зоне. – Куйбышев, 1989. – С. 38-44.
22. *Боговая И.О., Теодоронский В.С.* Озеленение населенных мест. – М.: Агропромиздат, 1990. – 239 с.
23. *Бортиц С., Десслер Х.-Г., Эндерляйн Х.* Влияние загрязнения воздуха на растительность. – Л.: Лесная промышленность, 1981. – 181 с.
24. *Будыко М.И.* Климат в прошлом и будущем. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 352 с.
25. *Булыгин Н.Е.* Дендрология. – М.: Агропромиздат, 1985. – 280 с.
26. *Булыгин Н.Е., Ярмишко В. Т.* Дендрология. – М.: МГУЛ, 2001. – 528 с.
27. *Бухарина И.Л., Поварнищина Т.М., Ведерников К.Е.* Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде: монография. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2007. – 216 с.
28. *Бухарина И.Л., Федоров А.В.* Цветоводство. – Ижевск: ИжГСХА, 2002. – 238 с.
29. *Быков О.Д.* Бескамерный способ изучения фотосинтеза: метод. указания. – Л.: ВНИИР им. Н.И. Вавилова, 1974. – 17 с.
30. *Васильева И.Н.* влияние вытаптывания на физические свойства почвы и корневые системы растений // Лесоводственные исследования в Серебряноборском опытном лесничестве. – М.: Наука, 1973. – С. 105-118.
31. *Васфилов С.П.* Возможные пути негативного влияния кислых газов на растения // Журнал общей биологии. – 2003. – Т. 64. № 2. – С. 146-159.
32. *Вахитов Н.М., Гагарин С.А.* Транспорт и экологическая обстановка в городе Ижевске // Реализация стратегии устойчивого развития города Ижевска: опыт и проблемы: матер. межрегион. науч.-практ. конф. – Ижевск: Ижевская республиканская типография, 2005. – С. 157-158.
33. *Ведерников К.Е.* Биоэкологические особенности древесных растений в насаждениях урбанозкосистем (на примере г. Ижевска): автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. – Тольятти, 2008. – 20 с.
34. *Веретенников А.В.* Физиологические основы устойчивости древесных растений к временному избытку влаги в почве. – М.: Наука, 1968. – 215 с.
35. *Веретенников А.В.* Физиология растений с основами биохимии. – Воронеж: ВГУ, 1987. – 256 с.

36. Винокурова Р.И. Закономерности накопления и распределения химических элементов в фитомассе елово-пихтовых насаждений зоны смешанных лесов Среднего Поволжья: дисс... докт. наук. – Йошкар-Ола, 2003. – 273 с.
37. Владимиров В.В., Микулина Е.М., Яргина З.Н. Город и ландшафт: проблемы, конструктивные задачи и решения. – М.: Мысль, 1986. – 238 с.
38. Волжанина Е.М. Оценка устойчивости интродуцированных видов сосен по показателям водоудерживающей способности хвои // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – № 8. выпуск 2. – 2004. – С. 94-99.
39. Воскресенская О.Л., Алябышева Е.А., Копылова Т.И и др. Экология города Йошкар-Олы: учеб. пособие. – Йошкар-Ола, 2004. – 200 с.
40. Гагарин С.А. Организация мониторинга шумового загрязнения в г. Ижевске // Современные аспекты экологии и экологического образования: матер. Всерос. науч. конф. – Казань: КГУ, 2005. – С. 410-411.
41. Ганина О.Н. Зеленая зона как средство управления состоянием городской среды // Урбанизация и экология: межвуз. сб. науч. тр. – Л., 1990. – 140 с.
42. Генеральный план г. Ижевска. – СПб.: Научно-проектный институт пространственного планирования «ЭНКО», 2005. – С. 108-125.
43. Геохимия окружающей среды / Саэт Ю.Е., Раевич Б.А., Янин Е.П. и др. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
44. Гетко Н.В. Растения в техногенной среде: структура и функция ассимиляционного аппарата. – Минск: Наука и техника, 1989. – 208 с.
45. Гиниятуллин Р.Х., Кулагин А.Ю., Кагарманов И.Р. Содержание некоторых металлов в листьях и ветвях *Populus balsamifera* L. в условиях промышленного загрязнения // Экология. – 1998. – № 2. – С. 94-97.
46. Глазунов В.Г. Ветровал и ветролом деревьев в городе // Экология, мониторинг и рациональное природопользование: науч. тр. вып. 307 (1). – М.: МГУЛ, 2001. – 216 с.
47. Голубева Е.И. Диагностика состояния экосистем в сфере антропогенного воздействия: автореф. дис. ... докт. биол. наук: 11.00.11. – М.: Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова, 1999. – 48 с.
48. Горбатовский В.В., Рыбальский Н.Г. Экологическая безопасность в городе // <http://old.priroda.ru>, 2003.
49. Горышина Т.К. Экология травянистых растений лесной дубравы. – Л.: Ленингр. ун-та, 1975. – 127 с.
50. Горышина Т.К. Фотосинтетический аппарат растений и условия среды. – Л.: ЛГУ, 1989. – 202 с.
51. Горышина Т.К. Экология растений. – М.: Высшая школа, 1979. – 368 с.
52. Горышина Т.К. Растение в городе. – Л.: ЛГУ, 1991. – 152 с.
53. ГОСТ 17.4.3.01.-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. – М.: Изд-во стандартов, 1983.

54. *ГОСТ 17.5.4.01-84*. Охрана природы. Рекультивация земель. Метод определения рН водной вытяжки вскрышных и вмещающих пород. – М.: Изд-во стандартов, 1984.
55. *ГОСТ 17.5.4.02-84*. Охрана природы. Рекультивация земель. Метод измерения и расчета суммы токсичных солей во вскрышных и вмещающих пород, 1984.
56. *ГОСТ 26425-85*. Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке. – М.: Изд-во стандартов, 1985.
57. *ГОСТ 26427-85*. Почвы. Метод определения натрия и калия в водной вытяжке. – М.: Изд-во стандартов, 1985.
58. *ГОСТ 29270-95*. Методы определения нитратов. – М.: Изд-во стандартов, 1996. – С. 236-254.
59. *Гришина Л.А., Самойлова Е.М.* Учет биомассы и химический анализ растений. – М.: МГУ, 1971. – 99 с.
60. *Грошева Н.П.* Эколого-физиологические особенности водного режима желтушника левкойного в онтогенезе // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: сб. мат. 2 Всерос. науч. конф. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2006. – С. 311-312.
61. *Губанов И.А., Киселева К.В., Новиков В.С.* и др. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Том 1. Папоротники, хвощи, плауны, голосеменные, покрытосеменные (однодольные). – М.: Изд-во научных изданий КМК, 2002. – 526 с.
62. *Гудериан Р.* Загрязнение воздушной среды. – М.: Мир, 1979. – 200 с.
63. *Гуляженко И.В.* Физиология растений с основами биохимии. – Минск: Высшая школа, 1985. – 207 с.
64. *Гусев Н.А.* Состояние воды в растении. – М.: Наука, 1974. – 134 с.
65. *Длусский Г.М., Глазунова К.П., Лаврова Н.В.* Связь между строением цветков и соцветий сложноцветных и составом их опылителей // Журнал общей биологии. – 2004. – Т. 65, № 6. – С. 490-499.
66. *Доклад об экологической обстановке в г. Ижевске в 2004 г.* – Управление природных ресурсов и охраны окружающей среды Администрации г. Ижевска. – Ижевск, 2005. – 71 с.
67. *Доклад об экологической обстановке в г. Ижевске в 2005 г.* – Ижевск: Удмуртский университет, 2006. – 48 с.
68. *Доклад об экологической обстановке в г. Ижевске в 2006 г.* – Ижевск: ОАО «Ижевская республиканская типография», 2007. – 64 с.
69. *Доклад об экологической обстановке в г. Ижевске в 2007 г.* – Ижевск: ООО РПК «Бизнес сервис», 2008. – 63 с.
70. *Дончева-Бонева М.* Воздействие токсических газов на содержание пигментов в хвое сосны обыкновенной // Влияние атмосферного загрязнения и других антропогенных и природных факторов на дестабилизацию состояния лесов Центральной и Восточной Европы: матер. междунар. науч. конф. – М.: МГУЛ, 1996. – С. 56-57.

71. Дроздова И.В., Алексеева-Попова Н.В. Экология минерального питания растений в экстремальных эдафических условиях // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: сб. матер. 2 Всерос. науч. конф. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2006. – С. 314-315
72. Жуйкова Т.В., Безель В.С. Химическое загрязнение среды: вынос химических элементов фитомассой травянистых растительных сообществ // Особь и популяция – стратегии развития: матер. 9 Всерос. попул. семинара. – Уфа, 2006. – С. 330-336.
73. Зайцев В.М., Михайлуц А.П. Гигиеническая оценка загрязнения окружающей среды при многолетней эксплуатации сосредоточенных химических предприятий. – Кемерово, 2001. – 192 с.
74. Захаров Ю.В., Суховольский В.Г. Модели устойчивости деревьев и насаждений к воздействию ветра. – Красноярск: СибГТУ, 2002. – С. 1-5.
75. Златкова Л., Ценкова А. Влияние города на режим метеорологических элементов // Метеорологические аспекты загрязнения атмосферы. – Л., 1988. – С. 131-136.
76. Иванова Р.Р., Ефремова Л.П. Устойчивость многолетних декоративных растений в городской среде // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: матер. Всерос. науч. конф. – Пущино, 2008. – С. 422-423.
77. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 560 с.
78. Илларионов А.Г. Рельеф // Природа Ижевска и его окрестностей. – Ижевск: Удмуртия, 1998. – С. 49-65.
79. Илькун Г.М. Газоустойчивость растений: вопросы экологии и физиологии. – Киев: Наукова думка, 1971. – 146 с.
80. Илькун Г.М. Загрязнители атмосферы и растения. – Киев, 1978. – 246 с.
81. Ильминских Н.Г. Положение Ижевска на географической карте // Природа Ижевска и его окрестностей. – Ижевск: Удмуртия, 1998. – С. 7-9.
82. Ильминских Н.Г., Баранова О.Г., Пузырев А.Н. Конспект флоры г. Ижевска // Природа Ижевска и его окрестностей. – Ижевск: Удмуртия, 1998. – С. 81-169.
83. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – С. 24-373.
84. Кавеленова Л.М., Елкина Е.М., Найдено С.В. К использованию показателей качества пыльцы в мониторинге уровня техногенного загрязнения среды. // Проблемы репродуктивной биологии растений. – Пермь: Перм. ун-т, 1996. – С. 96-98.
85. Кавеленова Л.М. Проблемы организации системы фитомониторинга городской среды в условиях лесостепи. – Самара: «Универс групп», 2006. – 222 с.

86. Кавеленова Л.М., Кведер Л.В. Методы контроля за состоянием окружающей среды. – Самара: Самарский университет, 2006. – 100 с.
87. Кавтаридзе Д.Н., Николаева Л.Ф., Поршинева Е.Б. и др. Автомобильные дороги в экологических системах. – М.: ЧеРо, 1999. – 240 с.
88. Капранова Н.Н. Комнатные растения в интерьере. – М.: МГУ, 1989. – 190 с.
89. Карписонова Р.А. Принципы цветочного оформления Москвы // Проблемы озеленения крупных городов: матер. 11 междун. науч. конф. – М.: Прима-пресс Экспо, 2008. – С. 15-16.
90. Карасев В.Н. Термозкспресс-метод ранней диагностики физиологического состояния древесных растений // Информ. бюлл. – СССР, 1983. – 5 с.
91. Карасев В.Н. Диагностика физиологического состояния культур хвойных древесных пород // Проблемы восстановления лесов на Урале: тез. докл. научно-практ. конф. – Екатеринбург: Наука, 1992. – С. 77-80.
92. Карасев В.Н., Карасева М.А. Информативность индекса растительных тканей древесных растений при нарушении водного режима // Структура и молекулярная динамика полимерных систем: матер. Всерос. совещания. – Йошкар-Ола, 1995. – С. 102-104.
93. Карасев В.Н. Физиология растений: учебное пособие. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – 263 с.
94. Карманова И.В. Математические методы изучения роста и продуктивности растений. – М.: Наука, 1976. – 223 с.
95. Ким Л.О. Физиологическая оценка газоустойчивости растений в условиях промышленного региона на примере Кузбасса: автореф. дис. ...к.б.н. – Казань, 1981. – 26 с.
96. Кирченко Е.Б. Физико-химические факторы экорезистентности растений в онто- и филогенезе. – Пушкино, 1984. – 13 с.
97. Климат большого города / Под ред. А.А. Дмитриева. – М., 1965. – 196 с.
98. Климат Ижевска / Под ред. И.А. Швер. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 135 с.
99. Кольцов А.С. Сельскохозяйственная экология. – Ижевск: УдГУ, 1995. – 275 с.
100. Константинов В.М., Челидзе Ю.Б. Экологические основы природопользования. – М.: Академия, 2001. – 208 с.
101. Костенко А.В., Боронин Ю.Б. Ранняя диагностика нарушений жизнедеятельности древесных растений в условиях загрязнения атмосферы SO₂ // Экология леса и охрана природы. – М., 1993. – С. 52-55.
102. Крамер П.Д., Козловский Т.Т. Физиология древесных растений. – М.: Лесная промышленность, 1983. – 464 с.

103. Красинский Н.П. О физиологической сущности газоустойчивости растений // Учен. зап. Горьк. ун-та. – Москва, Горький, 1939.
104. Красинский Н.П. Методы изучения газоустойчивости растений // Дымоустойчивость растений и дымоустойчивые ассортименты. – Горький; Москва, 1950. – С. 14-21.
105. Краснощекова Н.С. Оздоровление внешней среды Москвы средствами озеленения // Оздоровление окружающей среды. – М., 1973. – С. 60 -70.
106. Краснощекова Н.С. Эколого-экономическая эффективность зеленых насаждений: Обзорная информация. – М.: ЦЕНТИ Минжилкомхоза РСФСР, 1987. – 44 с.
107. Круглова Н.Н. К репродуктивной биологии злаков: качество пыльцевых зерен // Особь и популяция – стратегии развития: матер. 9 Всерос. попул. семинара. – Уфа, 2006. – С. 135-139.
108. Кузнецов М.Ф. Химический анализ почв и растений в экологических исследованиях: учеб. пособие. – Ижевск: УдГУ, 1997. – 102 с.
109. Кузнецов М.Ф. Карта биогеохимического районирования Удмуртии // Вестник УдГУ, № 3. – Ижевск: УдГУ, 1992. – С. 82-93.
110. Кузнецова О.В. Характеристика морфологических признаков вегетативных и генеративных побегов *Poa angustifolia* L. в разных местобитаниях // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: матер. Всерос. науч. конф. – Пущино, 2008. – С. 428-429.
111. Кулагин А.А., Шагиева Ю.А. Древесные растения и биологическая консервация промышленных загрязнителей. – М.: Наука, 2005. – 190 с.
112. Кулагин А.Ю. Ивы: техногенез и проблемы оптимизации нарушенных ландшафтов. – Уфа: Гилем, 1998. – 193 с.
113. Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда. – М.: Наука, 1974. – 124 с.
114. Кулагин Ю.З. Лесообразующие виды, техногенез и прогнозирование. – М., 1980. – 114 с.
115. Кулагин Ю.З. Индустриальная дендрэкология и прогнозирование. – М.: Наука, 1985. – 117 с.
116. Курбатова А.С., Башкин В.Н., Касимов Н.С. Экология города. – М.: Научный мир, 2004. – 624 с.
117. Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца двудольных растений флоры Европейской части СССР. – Л.: Наука, 1978. – 184 с.
118. Лапин П.И. Сезонный ритм развития древесных растений и его значение для продукции // Бюлл. ГБС АН СССР, Вып. 65. – 1967. – С. 13-18.
119. Левина Р.Е. Репродуктивная биология семенных растений. – М.: Наука, 1981. – 96 с.
120. Лингова С., Иванчева Ю. Радиационный режим в городских условиях // Метеорологические аспекты загрязнения атмосферы. – Вып. 3. – Л., 1988. – С. 232-236.

121. Лихолат Ю.В., Мыщик Л.П. Оценка жизнедеятельности растений древесных группировок в условиях Индустриального Приднепровья с помощью показателей водного режима // Влияние атмосферного загрязнения и других антропогенных факторов на дестабилизацию состояния лесов Центральной и Восточной Европы: матер. межд. науч. конф. Т.1. – М.: МГУЛ, 1996. – С. 70-71.
122. Ловкова М.Я., Рабинович А.М., Понамарев С.М. и др. Почему растения лечат. – М.: Наука, 1989. – 256 с.
123. Ложкин В.Н. Загрязнение атмосферы автомобильным транспортом. – СПб.: НПК «Атмосфера», 2001. – 297 с.
124. Луниц Л.Б. Городское зеленое строительство. – М.: Стройиздат, 1966. – 248 с.
125. Луниц Л.Б. Озеленение городов в СССР. – М., 1979. – 30 с.
126. Макальская В.Н. Климат // Природа Ижевска и его окрестностей / сост. В.М. Подсизерцев. – Ижевск: Удмуртия, 1998. – С. 17-38.
127. Малькова И.Л., Загребина Т.А. Микроклиматические особенности г. Ижевска // Воздушный бассейн Ижевска / Под ред. проф. В.И. Стурмана. – Москва – Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2002. – С. 26-38.
128. Маслова С.П., Головки Т.К., Табаленкова Г.Н., Куренкова С.В. Морфофизиологические и экологические аспекты формирования подземного метамерного комплекса корневищных злаковых многолетников // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: матер. 2 Всерос. науч. конф. – Йошкар-Ола: ООО «Стринг», 2006. – С. 16-17.
129. Макушенко М.Е. Гидробиологические методы оценки качества воды природных водотоков в районе алмазоносного месторождения им. М.В. Ломоносова. // Особь и популяция – стратегии развития: матер. 9 Всерос. попул. семинара. – Уфа, 2006. – С. 375
130. Машинский В.Л. Город и природа. – М.: Стройиздат, 1973. – 228 с.
131. Машинский В.Л., Залогина Е.Г. Проектирование озеленения жилых районов. – М.: Стройиздат, 1978. – 113 с.
132. Машинский В.Л. Значение и необходимость сохранения и развития зеленого фонда Москвы // Городское хозяйство и экология. №1. Ч.1. – М.: МГУЛ, 1996. – С. 7-9.
133. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. – М.: Гидрометеиздат, 1981. – 109 с.
134. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (общесоюзный нормативный документ). – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – С. 3-17.
135. Методические указания по оценке городских почв при разработке градостроительной и архитектурно-строительной документации / Кол-

- лектив авторов. – М.: Научно-исследовательский и проектно-испытательский институт экологии города, 1996. – 36 с.
136. *Методические рекомендации по оценке* загрязненности городских почв и снежного покрова тяжелыми металлами / Сост. В.А. Большаков, Ю.Н. Водяницкий, Т.И. Борисочкина и др. – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 1999. – 31 с.
137. *Митрюшкин К.П., Павловский Е.С.* Лес и поле. – М.: Колос, 1979. – 279 с.
138. *Михайлова Т.А., Бережная Н.С., Афанасьева Л.В. и др.* Воздействие фторсодержащих соединений на состояние хвойных лесов Прибайкалья // *Лесоведение*, 2005. – № 2. – С. 38-45.
139. *Мозолева Е.Г.* Проблемы озеленения города глазами эколога // Проблемы озеленения крупных городов: матер. 11 межд. конф. – М.: Прима-пресс Экспо, 2008. – С. 12-14.
140. *Мэннинг У.Ф., Федер У.А.* Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 143 с.
141. *Неверова О.А.* Некоторые особенности физиолого-биохимического и анатомического состояния ассимиляционного аппарата березы бородавчатой в условиях техногенного загрязнения г. Кемерово // *Экологические и метеорологические проблемы больших городов и промышленных зон.* – СПб.: РГГМУ, 1999. – С. 98-100.
142. *Неверова О.А.* Морфобиометрическая диагностика состояния древесных растений и загрязнения атмосферного воздуха города Кемерово // *Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга.* – Сыктывкар, 2001а. – С. 137.
143. *Неверова О.А.* Основные пути изменения жизнедеятельности древесных растений в условиях промышленного города Кемерово // *Экология промыш. производства.* – 2001б. – Вып. 4. – С. 10-14.
144. *Неверова О.А.* Поглощительная способность древесных растений как средство оптимизации среды промышленного города // *Экология промыш. производства.* – 2002. – № 1. – С. 2-8.
145. *Неверова О.А., Колмогорова Е.Ю.* Древесные растения и урбанизированная среда: экологические и биотехнологические аспекты. – Новосибирск: Наука, 2003. – 222 с.
146. *Неверова О.А., Морозова С.А.* Изучение газопоглощительной функции древесных растений в отношении серо- и азотсодержащих примесей промышленных выбросов в условиях г. Кемерово // *Безопасность жизнедеятельности предприятий в угольных регионах: матер. IV междунар. науч.-практ. конф.* – Кемерово: КузГТУ, 2000. – С. 169-170.
147. *Николаевский В.С.* Биологические основы газоустойчивости растений. – Новосибирск: Наука, 1979. – 213 с.
148. *Николаевский В.С.* Эколого-физиологические основы газоустойчивости растений. – М., 1989. – 65 с.

149. Николаевская Т.В. Эколого-физиологическая характеристика устойчивости растений к трем газам (SO_2 , H_2S , NH_3): автореф. ...к.б.н. – М., 1992. – 24 с.
150. Николаевский Т.В. Эколого-физиологические основы газоустойчивости растений. – Новосибирск: Наука, 1998. – 64 с.
151. Николаевский В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояние наземных экосистем методами фитоиндикации. – М.: МГУЛ, 1999. – 193 с.
152. Николаевский В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2002. – 220 с.
153. Николаевский В.С., Марценюк В.Б. Изменение биохимического состава листьев древесных растений под влиянием аммиака // Лесн. вестн. № 2. – М.: МГУЛ, 1998. – С. 28-32.
154. Николаевский В.С., Цодикова В.Н. и др. Санитарно-гигиеническая роль растительности в обезвреживании токсических газов // Ученые записки Пермского ун-та. – Пермь, 1973. – 175 с.
155. Нокс Р.Б. Биология пыльцы. – М.: Агропромиздат, 1985. – 83 с.
156. Нужнова О.К. Морфологические параметры репродуктивных органов *Leucanthemum vulgare* и *Cirsium arvense* арктической и бореальной популяций // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: матер. Всерос. науч. конф. – Пущино, 2008. – С. 439-440.
157. О состоянии окружающей природной среды Удмуртской Республики в 2004 году: гос. доклад. – Ижевск: ИжГТУ, 2005. – 198 с.
158. О состоянии окружающей природной среды Удмуртской Республики в 2005 году: гос. доклад. – Ижевск: ИжГТУ, 2006. – 200 с.
159. О состоянии окружающей природной среды Удмуртской Республики в 2006 году: гос. доклад. – Ижевск: ИжГТУ, 2007. – 187 с.
160. Образцова А.С., Фрумин Г.Т. Антропогенное давление на территории крупных городов России // Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон: матер. междунар. конф. – СПб.: РГГМУ, 2005. – С. 47.
161. Отчет о научно-исследовательской работе «Оценка состояния зеленых насаждений города и разработка рекомендаций по оптимальному озеленению городской территории (на примере г. Ижевска)». – Ижевск: Министерство природных ресурсов и экологии УР, 2006. – 146 с.
162. Отчет о научно-исследовательской работе «Эколого-биологическая оценка состояния древесных насаждений пригородной зеленой зоны и разработка рекомендаций по созданию экологического каркаса промышленных центров (на примере г. Ижевска)». – Ижевск: Министерство природных ресурсов и экологии УР, 2007. – 202 с.
163. Одум Ю. Экология. – М.: Мир, 1986. – 328 с.

164. *Озеленение населенных мест* / Под ред. В.И. Ерохиной. – М.: Стройиздат, 1987. – 480 с.
165. *Османова Г.О., Федорова Н.В.* Водоудерживающая способность листьев некоторых видов рода *Plantago* L. // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: сб. матер. 2 Всерос. науч. конф. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2006. – С. 270-272.
166. *Паушева З.П.* Практикум по цитологии растений. – М.: Колос, 1970. – 225 с.
167. *Пианка Э.* Эволюционная экология. – М.: Мир, 1981. – 399 с.
168. *Поварницина Т.М.* Эколого-физиологические особенности адаптации древесных растений к условиям крупных промышленных центров (на примере г. Ижевска): автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. – Тольятти, 2007. – 20 с.
169. *Подзоров Н.В.* Пылефильтрующая способность насаждений // Лесное хозяйство, № 1. – 1967. – С. 39-40.
170. *Половникова М.Г.* Изменение активности ферментов некоторых растений условиях городской среды// Принципы и способы сохранения биоразнообразия: сб. матер. 2 Всерос. науч. конф. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2006. – С. 326.
171. *Половникова М.Г., Воскресенская О.Л.* Изменение показателей водного режима газонных трав в условиях городской среды // Особь и популяция – стратегии развития: матер. 9 Всерос. попул. семинара. – Уфа, 2006. – С. 398-402.
172. *Попов В.А., Негруцкая Г.М., Петрова В.К.* Газопоглотительная способность растений. – Новосибирск: Наука, 1982. – С. 52.
173. *Прожерина Н.А., Тарханов С.Н.* Изменчивость некоторых физиолого-биохимических показателей хвойных, произрастающих в пригородных лесах г. Архангельска // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: сб. матер. Всерос. науч.-практ. конф. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2004. – С. 50-51.
174. *Природа Ижевска и его окрестностей: сборник статей* / Сост. В.М. Подсизерцев. – Ижевск: Удмуртия, 1998. – 248 с.
175. *Природа Удмуртии* / Под. ред. А.И. Соловьева. – Ижевск: Удмуртия, 1972. – 398 с.
176. *Природа. Удмуртская Республика: энциклопедия.* – Ижевск: Удмуртия, 2000. – С. 13-39.
177. *Практикум по агрохимии* // Сост. Б.А. Ягодин, И.П. Дерюгин, Ю.П. Жуков и др. / Под ред. Б.Я. Ягодина. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.
178. *Практикум по физиология растений* / Под ред. Н.Н. Третьякова. – М.: Агропромиздат, 1990. – 270 с.
179. *Пряхин В.Д., Николаенко В.Т.* Пригородные леса. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 248 с.

180. *Пятинов Н.С.* Состояние и перспектива изучения водного режима растений в СССР и водный режим сельскохозяйственных растений. – М.: Наука, 1969. – С. 172-189.
181. *Раппопорт А.В.* Разнообразие антропогенных почв ботанических садов Москвы и Санкт-Петербурга // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: сб. матер. Всерос. науч.-практ. конф. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2004. – С. 171-173.
182. *Родин Л.Е., Релизов Н.П., Базилевич Н.И.* Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. – Л.: Наука, 1968. – 143 с.
183. *Рожков А.С., Михайлова Т.А.* Действие фторосодержащих эмиссий на хвойные деревья. – Новосибирск: Наука, 1989. – 157 с.
184. *Ростова Н.С.* Влияние географических и экологических факторов на популяции нивяника обыкновенного // Вестник ЛГУ, № 9. – 1970. – С. 167-177.
185. *Ростова Н.С.* изменчивость системы корреляций морфологических признаков. Естественные популяции *Asteraceae* // Ботанический журнал, Т. 84, № 11. – 1999. – С. 50-66.
186. *Ростова Н.С.* Изменчивость системы корреляций морфологических признаков. Популяции видов рода *Asteraceae* в природе и в условиях культивирования // Ботанический журнал, Т. 85, № 1. – 2000. – С. 46-67.
187. *Руководство по анализам кормов* / Отв. ред. Л.М. Державин. – М.: Колос, 1982. – 74 с.
188. *Рылова Н.Г.* Трансформация почвенного покрова в условиях промышленного города и ее воздействие на растительность (на примере г. Ижевска): автореф. дис. ... к.б.н.: 03.00.16. – Ижевск: УдГУ, 2003. – 22 с.
189. *Савинов А.Б., Солошенко М.А.* Фенотипические изменения в городских ценопопуляциях подорожника большого при разной техногенной нагрузке на их биотопы // Проблемы регионального экологического мониторинга. – Н. Новгород, 2002. – С. 121-122.
190. *Сазонова Т.А., Болондинский В.К.* Исследования CO₂ и водного обмена в сосняках, подвергавшихся длительному воздействию атмосферных загрязнителей // Влияние атмосферного загрязнения и других антропогенных и природных факторов на дестабилизацию состояния лесов Центральной и Восточной Европы: матер. межд. науч. конф. Т.1 – М.: МГУЛ, 1996. – С. 71-73.
191. *Самуилов Ф.Д.* Водный обмен и состояние воды в растениях в связи с их метаболизмом и условиями среды. – Казань: КГУ, 1972. – 282 с.
192. *Сергейчик С.А.* Древесные растения и окружающая среда. – Минск: Ураджай, 1985. – 111 с.
193. *Сергейчик С.А.* Древесные растения и оптимизация промышленной среды. – Минск, 1984. – 167 с.

194. *Сергейчик С.А.* Устойчивость древесных растений в техногенной среде. – Минск, 1994. – 385 с.
195. *Сергейчик С.А., Иванов С.А.* Анатомические исследования адаптаций растений к атмосферным токсикантам // Интродукция растений и оптимизация окружающей среды средствами озеленения. – Минск, 1977. – С. 153-160.
196. *Силаева А.М.* Структура хлоропластов и факторы среды. – Киев, 1978.
197. *Скрипальщикова Л.Н.* Пылеаккумулирующая способность сосновых и березовых фитоценозов лесостепных районов Сибири // География и природные ресурсы, № 1. – 1992. – С. 39-44.
198. *Смирнова О.В., Чистякова А.А., Попадюк Р.В. и др.* Популяционная организация растительного покрова лесных территорий (на примере широколиственных лесов Европейской части России). – Пущино, 1990. – 92 с.
199. *Смит У.Х.* Лес и атмосфера. – М.: Прогресс, 1985. – 430 с.
200. *Сойккелли С., Карнлампи Л.* Клеточные и ультраструктурные эффекты // Загрязнение воздуха и жизнь растений. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – С. 190-205.
201. *Соколов О.А., Черников В.А.* Экологическая безопасность и устойчивое развитие: Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды. – Пущино, ОНТИ ПНЦ РАН, 1999. – 164 с.
202. *Сократов Н.В., Юдин А.Н.* Влияние цветового спектра на здоровье человека // актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности: интеграция науки и практики: материалы межрег. науч.-практ. конф. – Ставрополь: СГУ, 2005. – С.105-108.
203. *Спиридонов В.Н.* Изучение плотности почвы в лесу под влиянием рекреационной нагрузки // Лесное хозяйство, № 6. – 1983. – С. 16-17.
204. *Степень Р.А., Коловский Р.А., Калачева Г.С.* Влияние техногенных выбросов на состояние пригородных лесов Красноярск // Экология, № 6. – 1996. – С. 410-414.
205. *Стурман В.И.* Геология города // Природа Ижевска и его окрестностей. – Ижевск: Удмуртия, 1998а. – С. 39-47.
206. *Стурман В.И.* Состояние окружающей среды // Природа Ижевска и его окрестностей: сб. ст. / Сост. В.М. Подсизерцев. – Ижевск: Удмуртия, 1998 б. – С. 223-241.
207. *Стурман В.И.* Тенденции развития экологической ситуации в городе Ижевске и перспективы перехода к устойчивому развитию // Реализация стратегии устойчивого развития города Ижевска: опыт и проблемы: матер. межрегион. науч.-практ. конф. – Ижевск: Ижевская республиканская типография, 2005. – С. 131-133.
208. *Стурман В.И., Гагарин С.А.* Автотранспорт как источник загрязнения атмосферы // Воздушный бассейн Ижевска / Под ред. В.И. Стур-

- мана. – Москва – Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2002а. – С. 44-48.
209. *Стурман В.И., Гагарин С.А.* Промышленные источники: вклад в загрязнение и пути его снижения // Воздушный бассейн Ижевска / Под ред. В.И. Стурмана. – Москва – Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2002б. – С. 40-43.
210. *Стурман В.И., Малькова И.Л., Загребина Т.А.* Климат города. Основные параметры // Воздушный бассейн Ижевска / Под ред. В.И. Стурмана. – Москва – Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2002. – С. 16-23.
211. *Сулова Т.Г.* Электронно-микроскопическое исследование пылицы и спор растений. – М.: Наука, 1975. – 87 с.
212. *Сухарева Т.А., Лукина Н.В.* Химический состав и морфометрические характеристики хвои ели сибирской на Кольском полуострове в процессе деградиционной сукцессии лесов // Лесоведение, 2004. №2. – С. 36-43.
213. *Тарабрин В.П.* Устойчивость древесных растений в условиях промышленного загрязнения окружающей среды: автореф. дис. ...д.б.н. – Киев, 1974. – 54 с.
214. *Тарабрин В.П.* Физиолго-биохимические механизмы взаимодействия загрязнений и растений // Растения и промышленная среда. – Днепропетровск: Наука, 1990. – С. 64-71.
215. *Тарабрин В.П., Кондратюк Е.Н., Башкатов В.Г. и др.* Фитотоксичность органических и неорганических загрязнений. – Киев: Наукова думка, 1986. – 215 с.
216. *Тарбаева В.М.* Влияние аэротехногенного загрязнения на формирование микроспор сосны обыкновенной // Освоение Севера и проблемы природопользования. – Сыктывкар, 1998. – С. 95-97.
217. *Тарбаева В.М., Ладанова Н.В.* Влияние аэротехногенного загрязнения на репродуктивную и вегетативную сферу хвойных // Тр. Коми НЦ УрО РАН. – Вып. 342. – Сыктывкар, 1994. – 30 с.
218. *Третьяков Н.Н., Кошкин Е.И., Макрушин Н.М. и др.* Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений. – М.: Колос, 2000. – 640 с.
219. *Туганаев В.В., Пузырев А.В.* Гемерофиты Вятско-Камского междуречья. – Свердловск: Урал, 1988. – 128 с.
220. *Туганаев В.В.* Предисловие // Природа Ижевска и его окрестностей: сб. ст. / сост. В.М. Подсизерцев. – Ижевск: Удмуртия, 1998. – С. 223-241.
221. *Усманов И.Ю., Ильясов Ф.Р., Наумова Л.Г.* Адаптивные стратегии растений Южного Урала. Скальные местообитания // Экология, № 1. – 1995. – С. 3-8.
222. *Усманов И.Ю., Мартынова А.В., Усманова Н.Н. и др.* Адаптивные стратегии растений на солончаках Южного Урала. Распределение ресурсов в ценопопуляциях // Экология, № 1. – 1991. – С. 9-16.

223. Усманов И.Ю., Рахманкулова З.Ф., Кулагин А.Ю. Экологическая физиология растений. – М.: Логос, 2001. – 224 с.
224. Уткин А.И., Линдеман Г.В., Некрасова В.И. и др. Лес России. Энциклопедия. – М.: Большая Российская Энциклопедия, 1995. – 447 с.
225. Федорков А.Л. Половая репродукция сосны обыкновенной при аэротехногенном загрязнении в условиях Субарктики // Известия вузов. Лесной журнал, № 4. – 1992. – С. 60-64.
226. Федорков А.Л. Микроспорогенез сосны при загрязнении среды в Российской Лапландии // Известия вузов. Лесной журнал, № 11. – 1995. – С. 48-50.
227. Федорков А.Л. Адаптация хвойных к стрессовым условиям Крайнего Севера. – Екатеринбург: УрО РАН, 1999. – 99 с.
228. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию. – М.: Мир, 1997. – 32 с.
229. Филимонова Ю.И. К оценке качества пыльцы некоторых цветковых растений в условиях городской среды // Молодые ученые Волго-Уральского региона на рубеже веков. Мат. конф., Т. 1. – Уфа, 2001. – С. 146-147.
230. Фокин А.Д. Три года работы геоботанического отряда Вятской почвенной экспедиции. – Вятка: Изд-во Вятского гос. музея, 1930. – 32 с.
231. Фролов А.К. Окружающая среда крупного города и жизнь растений в нем. – СПб.: Наука, 1998. – 327 с.
232. Храпко О.В., Головань Е.В., Храпко Ю.Е., Копьева А.В. Подходы к созданию озеленения придомовых территорий // Проблемы озеленения крупных городов: матер. 11 межд. конф. – М.: Прима-пресс Экспо, 2008. – С. 31-32.
233. Цвелев Н.Н. Злаки СССР. – Л.: Наука, 1976. – 788 с.
234. Частоколенко Л.В., Бондарь Л.М., Суржиков В.Д. и др. Микроспорогенез у *Vicia crassa* из популяции с антропогенным химическим загрязнением // Экология, №5. – 1991. – С. 20-24.
235. Чернышенко О.В. Обратный вынос серы при поглощении сернистого газа листьями древесных растений // Сб науч. тр. ВНИИ агролесомелиорации, вып. 2. – 1989. – С. 135-139.
236. Чернышенко О.В. Древесные растения в экстремальных условиях города // Экология, мониторинг и рациональное природопользование: науч. труды. Выпуск 307(1). – М.: МГУЛ, 2001а. – С. 140-146.
237. Чернышенко О.В. Критерии оценки поглотительной способности древесных растений в урбоэкосистемах // Экология, мониторинг и рациональное природопользование: научн. труды. Выпуск 307(1). – М.: МГУЛ, 2001б. – С. 133-140.
238. Чернышенко О.В. Поглотительная способность и устойчивость древесных растений в озеленении Москвы // Городское хозяйство и экология. №1. – Ч.2. – М.: МГУЛ, 1996. – С. 37-39.

239. Чернышенко О.В. Пылефильтрующая способность древесных растений в городе и ее экологическое значение // Экология, мониторинг и рациональное природопользование: научн. труды. Выпуск 307(1). – М.: МГУЛ, 2001в. – С. 124-132.
240. Чертов О.Г., Чуков Н.С., Ковш Н.В. и др., Об оценке экологического состояния почв в районах крупных промышленных агломераций (на примере Санкт-Петербурга) // Труды биол. НИИ СПбГУ, 1996. – №45. – С. 19-33.
241. Чиндяева Л.Н. Деревья и кустарники для озеленения жилых территорий в условиях Новосибирска // Региональные особенности архитектурно-градостроительной организации жилой среды. – Новосибирск. 1998. – С. 53-55.
242. Чиндяева Л.Н. Древесные растения-интродуценты в урбанизированной среде г. Новосибирска // Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов: матер. междунар. конф. – Кемерово: КРЭОО «Ирбис», 2006. – С. 116-120.
243. Чистякова С.Б. Охрана окружающей среды. – М.: Стройиздат, 1988. – 272 с.
244. Чукпарова А.У. Изучение состояния сосновых насаждений в условиях аэротехнического загрязнения // Лесопользование, экология и охрана лесов: фундаментальные и прикладные аспекты: матер. межд. науч.-прак. конф. – Томск, 2005. – С. 208-210.
245. Шадрин В.А., Ефимова Т.П. Деревья и кустарники Удмуртии: определитель. – Ижевск: УдГУ, 1996. – 152 с.
246. Шихова Н.С. Биогеохимическая оценка состояния городской среды // Экология, № 2. – 1997. – С. 146-149.
247. Шкарлет О.Д. Влияние дымовых газов на формирование репродуктивных органов сосны обыкновенной: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Свердловск, 1974. – 27 с.
248. Экологические проблемы урбанизированных территорий / Под ред. Ю.В. Полюшкина. – Иркутск: ИГ СО РАН, 1998. – 200 с.
249. Экологическое, лесопатологическое и ботанико-дендрологическое обоснование проекта реконструкции ЦПКиО им. С.М. Кирова в г. Ижевске: научный проект. – Ижевск: УдГУ, Центр экол. исследований, 1997. – 478 с.
250. Экология крупного города (на примере Москвы): учеб. пособие / Под общ. ред. А.А. Минина. – М.: Пасьява, 2001. – 192 с.
251. Эрджман Г. Морфология пыльцы систематика растений. – М.: Изд-во иностр. литер., 1956. – 486 с.
252. Якушина Э.И. Древесные растения в озеленении Москвы. – М.: Наука, 1982. – 158 с.
253. Aylmore L.A.G., Karin M., Quirk I.P. Adsorption and desorption of sulphate ions by soil constituents // Soil Sci. - 1967. – V. 103. – P. 10-15.

254. Bassuk N., Whitlow T. Environmental stress in street trees // Arboricultural journal. – 1988. – V.12. – № 2. – P. 195-201.
255. Carinanons P., Prieto J.C., Calan C. Biological quality of the air in different Urban Environments // Materials of II Symposium on Aerobiology, Vienna-Austria, 5-9 September 2000. – P. 305.
256. Darral N.M. The effect of air pollutants on physiological processes in plants // Plant. Cell and Environment. – 1989. – V. 12. – P. 1-30.
257. Dassler H.G. Einfluss von Luftverunreinigungen auf die Vegetation. Ursachen. Wirkungen. Gegenmasnahmen. – Jena, 1976. – 190 S.
258. Durand R. Les essences urbaines: diversification, choix des arbres // Rev. forest. fr. – 1989. V. 41. – Num. spec. – P. 155-170.
259. Dochiger L.S. Interception of airborne particles by tree plantings // J. Envir. Qual., 1980. – № 2. – P. 265-268.
260. Forman R.T., Alexander L.E. Roads and their major ecological effects // Annual Reviews. Ecology and Systematics. – 1998. – V. 29. – P. 207-231.
261. Forman R.T., Gordon M. Landscape Ecology. – N.-Y., 1986. – 240 p.
262. Ghiorse W.C., Alexander M. Effect of microorganisms on the sorption and fate of sulfur dioxide and nitrogen dioxide in soil // J. Environ. Qual. – 1976. – V. 5. – P. 99-104.
263. Hjelmroos M. Interactions between *Betula* spp. Pollen and air pollutants // Materials of II symposium on Aerobiologi, Vienna – Australia, 5-9 September 2000. – P. 703.
264. Hrdlicka P. Kula E. Element content in leaves of birch (*Betula verrucosa* Ehrh.) in an air polluted area // Trees. – 1998. – V. 13. – No. 2. – P. 68-73.
265. Innes J.L. Influence of air pollution on the foliar nutrition of conifers in Great Britain // Environ. Pollut. – 1995. – V. 88. – P. 183-192.
266. Kimmerer T. Boxelder, *Acer negundo* L. // The Natural History of Trees: a Research and Educational Project of the University of Kentucky. – 1997. – P. 47-50.
267. Kocon J. Influence of NO₂ and SO₂ as well as of acid rains on the structure of needles and wood quality of *Abies alba* Mill. stand // Ann. Warsaw Agr. Univ. SGGWAR Forest. and Wood Technol, 1990. – № 40. – P. 75-81.
268. Lewinska J. Ecosystem miejsko – przemysłowy // Aura. – 1987. – N 12. – S. 25.
269. Motti J. Schnell wachsende holze und ihre Anwendung in Grünanlagen // Folia dendrol. – 1987. – V. 14. – S. 147-158.
270. Rumelhart M. L'arbre et le paysage urban // Rev. forest. fr. – 1989. – V. 41. Num. spec. – P. 45-56.
271. Sporek K. Odczyn kory sosny zwicza jnej (*Pinus sylvestris* L) wskaźnikien zanieczyszczenen atmosfery pulami alkalizny // Sylwan, 1995. – R. 139, № 9. – S. 97-104.

272. *Supuka J.* Ecological importance of woody plants in reduction of the reduction on the solid particles impacts in settlements // *Folia Dendrologica*, 1997. - № 1-2. – P. 85-95.
273. *Volny S., Kapounek* The effects forest stands on filtration of solid emissions (in Czech). *ZSVUSPZV*, Y. 1-6/03/. – Bruno, 1985. – LFVSZ. – 60 p.
274. *Wagner U., Kolbowski J., Oja V. and other* The pH homeostasis of the chloroplast stroma can protect photosynthesis of leavis during the influx of potentially acidic gases // *Biochim. et Biophys. Acta. Bionerg.* – 1990. – V. 1016. № 1. – P. 115-120.
275. *Wareham D.G., McBean E.A., Byrne J.M.* Linear programming for abatement of nitrogen oxides acid rain deposition // *Water, Air, Soil Pollution.* – 1988. – Vol. 40. – P. 157-176.
276. *Wilmers F.* Green in urban climate // *Environ. Meteorol.: Proc. Int. Symp.* – Dordrecht, 1988. – P. 359-379.
277. *Wolters J.H.B., Martens J.M.* Effects of Air Pollutants on Pollen // *The Botanical Review.* – 1987. – V. 53 (3). – P. 372-414.
278. *Wytenbach A., Tobler L.* The concentration of Fe, Zn and Co in successive needle age classes of Norway spruce // *Trees.* – 2000. – V. 14. – No. 4. – P. 198-205.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Список используемых сокращений

ВС	–	водоудерживающая способность листьев
ЗУК	–	зона условного контроля
ИЗА	–	индекс загрязнения атмосферы
ИФ	–	интенсивность фотосинтеза
КБН	–	коэффициент биологического накопления
КБП	–	коэффициент биологического поглощения
ПДК	–	предельно допустимая концентрация
ПП	–	пробная площадь
ПС	–	пылеудерживающая способность листьев
СЗЗ	–	санитарно-защитные зоны промышленных предприятий
ТМ	–	тяжелые металлы
УдГУ	–	Удмуртский государственный университет
УР	–	Удмуртская Республика
УЦГМС	–	Удмуртский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
УП	–	учетная площадь
ЦПКиО	–	центральный парк культуры и отдыха
ЧПФ	–	чистая продуктивность фотосинтеза
Н	–	высота побега
Р	–	плотность стояния

Приложение Б

Таблица Б.1. Метеорологические условия г. Ижевска в период исследований (2005-2007 гг.)

Месяц	Температура воздуха, °С	Отклонение от среднего-летнего, °С	Осадки, мм	Отклонение от среднего-летних, %	Направление и скорость ветра, м/с
2005 год					
Январь	-9,6	+4,5	26,2	77	Ю-В 4-9
Февраль	-14,7	-1,3	19,9	77	В 6-10
Март	-8,2	-1,5	42,1	168	Ю, Ю-З 5-10
Апрель	4,4	+0,9	10,7	40	Ю-З 5-10
Май	14,9	+3,1	39,8	95	Безв. 4-9
Июнь	14,8	-1,6	146,7	248	Безв. 6-11
Июль	18	-1,6	80,8	114	С 5-10
Август	16,4	+0,1	21	37	Безв. 5-10
Сентябрь	11,4	+1,4	38,1	72	З 4-9
Октябрь	5,5	+3,4	20,9	44	Безв. 4-9
Ноябрь	-0,1	+5,2	8,6	20	Ю-З 5-10
Декабрь	-7,1	+3,7	54,0	123	Ю-В 6-11
2006 год					
Январь	-18,9	-4,8	25,6	61	С, Ю-В 5-10
Февраль	-12,7	0,7	33,9	117	Ю-В 5-10
Март	-4,1	2,6	15,9	61	Ю-З 6-11
Апрель	4,7	1,2	30,7	106	С-В 5-10
Май	12,7	1,0	43,1	116	С 6-11
Июнь	20,0	3,6	18,6	35	С-З 5-10
Июль	17,2	-0,8	74,3	111	С-З 5-10
Август	16,6	0,3	68,5	131	В, Ю-В, З 5-10
Сентябрь	12,5	2,5	66,1	130	З 5-10
Октябрь	3,0	0,9	68,2	131	Ю-З 5-10
Ноябрь	-5,2	0,1	78,2	178	Ю 5-10
Декабрь	-4,1	6,7	60,2	137	З, Ю-З 6-11
2007 год					
Январь	-4,4	9,7	70,2	167	
Февраль	-15,3	-1,9	35,0	121	
Март	-2,9	-9,6	31,9	123	
Апрель	5,1	1,6	45,0	155	
Май	13,6	1,8	56,1	152	
Июнь	14,8	-1,6	68,6	129	
Июль	19,6	0,8	137,6	194	
Август	20,0	3,7	54,0	90	
Сентябрь	11,8	1,8	58,4	114	
Октябрь	5,4	3,3	38,5	74	
Ноябрь	-5,7	-0,4	47,1	107	
Декабрь	-12,6	-1,8	22,4	51	

Таблица В.1. Основные характеристики сортов костреца безостого и ежи сборной, включенных в Государственный реестр селекционных достижений

Сорт	Основные сортовые и хозяйственно-биологические признаки
Ежа сборная	
Дединовская 4	Корневая система мощная, мочковатая. Куст плотный, прямостоячий. Стебли прямые, толстые, ребристые, высотой 60-150 см, хорошо облиственные. Соцветие – лапчатая метелка. Зимостойкий. Длительное время сохраняется в травосмеси. Хорошо выносит вытаптывание и возврат весенних холодов. К засухе среднеустойчив.
Кострец безостый	
Свердловский 38	Куст прямостоячий. Стебли средней толщины, среднее количество междоузлий 6. Кустистость сильная. Листья линейные, зеленые, без опушения, мягкие. Облиственность хорошая – 45-50 %. Высота растений 175-180 см. Соцветие – раскидистая, крупная метелка. Сорт зимостойкий. Засухоустойчив, в засушливые годы не поражается болезнями.
Дракон	Куст от прямостоячего до полураскидистого. Корневая система залегает неглубоко от поверхности почвы. Стебли округлые прямостоячие, неглубокие, неопушенные с темно-коричневыми междоузлиями. Облиственность равномерная. Листья темно-зеленые, длинные, широкие, ланцетовидные. Восковой налет слабый, опушение слабое. Соцветие – развесистая, длинноветвистая метелка, при созревании приобретает серый цвет с фиолетовым оттенком. Высота стеблестоя 140 см. Выше среднего поражается бурой листовой ржавчиной.
Чишминский 3	Куст прямостоячий, рыхлый, кустистость слабая – 6-9 стеблей на куст. Стебли средней мягкости, округлые, прямые, высотой 170-176 см. Листья ланцетовидные, непоникающие, зеленые со слабым восковым налетом, средней мягкости, неопушенные. Соцветие – рыхлая безостая полусжатая метелка светло-серого цвета. Зимостойкий, засухоустойчивый сорт. Слабо поражается полосатой пятнистостью. Сорт к почве не требователен, но для него малопригодны уплотненные, глинистые почвы.

Приложение Г

Таблица Г.1. Динамика работы по содержанию зеленых насаждений и озеленению объектов общего пользования за 2001-2006 гг.

№ п/п	Виды работ	Едини- цы из- мерения	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.
1	Посадка деревьев	шт.	406	400	131	415	174	28
2	Посадка кустарников	шт.	4808	6966	6024	2718	3651	3054
3	Удаление сухо- стойных и ава- рийных деревьев	шт.	5158	6300	—	1709	5096	5052
4	Уход: - за деревьями (санитарная фор- мрочная обрезка) -за кустарниками - за газонами	тыс.шт.	—	15,8	16,0	16,9	14,9	21,6
		тыс.шт.	—	96,7	66,0	62,6	61,5	87,9
		тыс.кв.м	—	—	—	—	2649,1	2993,5
5	Устройство газо- нов	тыс.кв.м	—	—	—	—	42,9	71,7
6	Устройство цветников	тыс.кв.м	—	—	—	—	12,6	15,4

Таблица Д.1. Видовой состав древесных насаждений СЗЗ промышленных предприятий (ОАО «Ижсталь», г. Ижевск)

№	Вид растения	Родина	Семейство
1	Тополь лавролистный <i>Populus laurifolia</i> Ledeb.	Казахстан, Монголия, З. и В. Сибирь	Ивовые Salicaceae
2	Тополь бальзамический <i>Populus balsamifera</i> L.	С. Америка	
3	Тополь дрожащий <i>Populus tremula</i> L.	Аборигенный вид	
4	Ива козья <i>Salix caprea</i> L.	Аборигенный вид	
5	Ива белая <i>Salix alba</i> L.	Аборигенный вид	
6	Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth.	Аборигенный вид	Березовые Betulaceae
7	Береза пушистая <i>Betula pubescens</i> Ehrh.	Аборигенный вид	
8	Яблоня ягодная <i>Malus baccata</i> L.	Д. Восток, Сибирь	Розоцветные Rosaceae
9	Яблоня домашняя <i>Malus domestica</i> Borch.	Гибрид, встречается только в культуре	
10	Яблоня сливолистная <i>Malus prunifolia</i> (Willd.) Likhonos	Только в культуре, подвид яблони домашней	
11	Боярышник кроваво-красный <i>Crataegus sanguinea</i> Pall.	Аборигенный вид	
12	Рябина обыкновенная <i>Sorbus aucuparia</i> L.	Аборигенный вид	
13	Роза майская <i>Rosa majalis</i> Herrm.	Аборигенный вид	
14	Пузыреплодник калинолистный <i>Physocarpus opulifolius</i> L. Maxim.	С. Америка	
15	Слива колючая <i>Prunus spinosa</i> L.	Аборигенный вид	
16	Арония черноплодная <i>Aronia melanocarpa</i> Eliot.	С. Америка	
17	Ель колючая <i>Picea pungens</i> Engelm	С. Америка	Сосновые Pinaceae
18	Сирень обыкновенная <i>Syringa vulgaris</i> L.	Малая Азия	Маслиновые Oleaceae
19	Сирень венгерская <i>Syringa josikaea</i> Jacq.	Карпаты	
20	Ясень обыкновенный <i>Fraxinus excelsior</i> L.	С. Америка	
21	Жимолость татарская <i>Lonicera tatarica</i> L.	От Нижнего Поволжья до Байкала	Жимолостные Caprifoliaceae
22	Клен ясенелистный <i>Acer negundo</i> L.	С. Америка	Кленовые Aceraceae
23	Клен татарский <i>Acer tataricum</i> L.	Европейская часть России, Кавказ	
24	Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill.	Аборигенный вид	Липовые Tiliaceae
25	Вяз шершавый <i>Ulmus glabra</i> Huds.	Аборигенный вид	Ильмовые Ulmaceae

Таблица Д.2 . Видовой состав древесных насаждений магистральных посадок
(ул. К. Либкнехта, г. Ижевск)

№	Вид растения	Родина	Семейство
1	Тополь бальзамический <i>Populus balsamifera</i> L.	С. Америка	Ивовые Salicaceae
2	Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth.	Аборигенный вид	Березовые Betulaceae
3	Яблоня ягодная <i>Malus baccata</i> L.	Д. Восток, Сибирь	Розоцветные Rosaceae
4	Яблоня сливолистная <i>Malus prunifolia</i> (Willd.) Likhonos	Только в культуре, под- вид яблони домашней	
5	Сирень обыкновенная <i>Syringa vulgaris</i> L.	Малая Азия	Маслиновые Oleaceae
6	Ясень обыкновенный <i>Fraxinus excelsior</i> L.	С. Америка	
7	Клен ясенелистный <i>Acer negundo</i> L.	С. Америка	Кленовые Aceraceae
8	Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill.	Аборигенный вид	Липовые Tiliaceae

Таблица Д.3. Видовой состав древесных насаждений магистральных посадок
(ул. Удмуртская, г. Ижевск)

№	Вид растения	Родина	Семейство
1	Тополь лавролистный <i>Populus laurifolia</i> Ledeb.	Казахстан, Монголия, З. и В. Сибирь	Ивовые Salicaceae
2	Тополь бальзамический <i>Populus balsamifera</i> L.	С. Америка	
3	Ива остролистная <i>Salix acutifolia</i> Willd.	Европейская часть России	
4	Ива козья <i>Salix caprea</i> L.	Аборигенный вид	
5	Ива белая <i>Salix alba</i> L.	Аборигенный вид	
6	Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth.	Аборигенный вид	Березовые Betulaceae
7	Береза пушистая <i>Betula pubescens</i> Ehrh.	Аборигенный вид	
8	Яблоня ягодная <i>Malus baccata</i> L.	Д. Восток, Сибирь	Розоцветные Rosaceae
9	Яблоня домашняя <i>Malus domestica</i> Borch.	Гибрид, встречается только в культуре	
10	Яблоня сливолистная <i>Malus prunifolia</i> (Willd.) Likhonos	Только в культуре, подвид яблони домаш- ней	
11	Яблоня лесная <i>Malus sylvestris</i> Mill.	Крым, широколист- венные леса Европей- ской части России	
12	Кизильник блестящий <i>Cotoneaster lu- cidus</i> Schlecht.	Забайкалье	
13	Роза колючейшая <i>Rosa pimpinelifolia</i> L.	З. Сибирь, Кавказ, ле- состепная зона Евро- пейской части России	
14	Пузыреплодник калинолистный <i>Physo- carpus opulifolius</i> L. Maxim.	С. Америка	
15	Черемуха обыкновенная <i>Padus avium</i> Mill.	Аборигенный вид	
16	Сирень обыкновенная <i>Syringa vulgaris</i> L.	Малая Азия	Маслиновые Oleaceae
17	Ясень обыкновенный <i>Fraxinus excelsior</i> L.	С. Америка	
18	Клен ясенелистный <i>Acer negundo</i> L.	С. Америка	Кленовые Aceraceae
19	Клен татарский <i>Acer tataricum</i> L.	Европейская часть России, Кавказ	
20	Клен остролистный <i>Acer platnoides</i> L.	Аборигенный вид	
21	Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill.	Аборигенный вид	Липовые Tiliaceae
22	Карагана древовидная <i>Caragana arbores- cens</i> Lam.	Казахстан, Сибирь	Бобовые Fabaceae
23	Свидина отпрысковая <i>Swida sericea</i> (L.) Holub.	С. Америка	Кизиловые Cornaceae
24	Дуб черешчатый <i>Quercus robur</i> L.	Аборигенный вид	Буковые Fagaceae
25	Вяз шершавый <i>Ulmus glabra</i> Huds.	Аборигенный вид	Ильмовые Ulmaceae

Приложение Е

Таблица Е.1. Проектное покрытие основных видов травянистых растений сообществ с кострцом безостым и ежой сборной (г. Ижевск)

№ рас- тения	Наименование растения	Латинское название	Проектное покрытие, %
Ботанический сад УдГУ , площадка №1			
1	Гравилат городской	<i>Geum urbanum</i> L.	35
2	Клевер гибридный	<i>Trifolium hybridum</i> L.	25
3	Ежа сборная	<i>Dactylis glomerata</i> L.	20
4	Медуница неясная	<i>Pulmonaria obscura</i> Dum.	5
5	Земляника лесная	<i>Fragaria vesca</i> L.	5
6	Полевица тонкая	<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	4
7	Купырь лесной	<i>Anthriscus sylvestris</i> L.	2
8	Манжетка	<i>Alchemilla</i> sp.	2
9	Зверобой пятнистый	<i>Hypericum maculatum</i> Crantz	2
Ботанический сад УдГУ, площадка №2			
1	Сныть обыкновенная	<i>Aegopodium podagraria</i> L.	25
2	Ежа сборная	<i>Dactylis glomerata</i> L.	28
3	Копытень европейский	<i>Asarum europaeum</i> L.	15
4	Земляника лесная	<i>Fragaria vesca</i> L.	15
5	Манжетка	<i>Alchemilla</i> sp.	10
6	Клевер гибридный	<i>Trifolium hybridum</i> L.	5
7	Полевица тонкая	<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	2
Ботанический сад УдГУ , площадка №3			
1	Ежа сборная	<i>Dactylis glomerata</i> L.	25
2	Клевер луговой	<i>Trifolium pratense</i> L.	22
3	Кострец безостый	<i>Bromopsis inermis</i> Leyss.	20
4	Горошек мышиный	<i>Vicia sepium</i> L.	10
5	Земляника лесная	<i>Fragaria vesca</i> L.	10
6	Лютик едкий	<i>Ranunculus acris</i> L.	8
7	Манжетка	<i>Alchemilla</i> sp.	5
Ботанический сад УдГУ , площадка №4			
1	Кострец безостый	<i>Bromopsis inermis</i> Leyss.	80
2	Ежа сборная	<i>Dactylis glomerata</i> L.	15
3	Полевица тонкая	<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	5
Парк им. Кирова площадка №1			
1	Сныть обыкновенная	<i>Aegopodium podagraria</i> L.	60
2	Кострец безостый	<i>Bromopsis inermis</i> Leyss.	25
3	Вика заборная	<i>Vicia sepium</i> L.	8
4	Вероника дубравная	<i>Veronica chamaedrys</i> L.	7
Парк им. Кирова площадка №2			
1	Хвощ лесной	<i>Equisetum sylvaticum</i> L.	60
2	Кострец безостый	<i>Bromopsis inermis</i> Leyss.	15
3	Мховый покров		10
4	Копытень европейский	<i>Asarum europaeum</i> L.	10
5	Герань лесная	<i>Geranium sylvaticum</i> L.	5

Продолжение таблицы Е.1.

№ рас-тения	Наименование растения	Латинское название	Проективное покрытие, %
Парк им. Кирова площадка №3			
1	Одуванчик лекарственный	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	45
2	Ежа сборная	<i>Dactylis glomerata</i> L.	25
3	Мятлик луговой	<i>Poa pratensis</i> L.	20
4	Люцерна луговая	<i>Medicago pratense</i> L.	3
5	Сныть обыкновенная	<i>Aegopodium podagraria</i> L.	3
6	Тысячелистник обыкновен-ный	<i>Achillea millefolium</i> L.	2
7	Герань лесная	<i>Geranium sylvaticum</i> L.	2
Парк им. Кирова площадка №4			
1	Сныть обыкновенная	<i>Aegopodium podagraria</i> L.	30
2	Ежа сборная	<i>Dactylis glomerata</i> L.	25
3	Вероника дубравная	<i>Veronica chamaedrys</i> L.	20
4	Гравилат городской	<i>Geum urbanum</i> L.	15
5	Чистотел большой	<i>Chelidonium majus</i> L.	10
Парк им. Кирова площадка №5			
1	Кострец безостый	<i>Bromopsis inermis</i> Leyss.	33
2	Полевица тонкая	<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	30
3	Одуванчик лекарственный	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	25
4	Лапчатка серебристая	<i>Potentilla argentea</i> L.	4
5	Подорожник средний	<i>Plantago media</i> L.	4
6	Клевер ползучий	<i>Trifolium repens</i> L.	4
Парк им. Кирова площадка №6			
1	Клевер луговой	<i>Trifolium pratense</i> L.	55
2	Ежа сборная	<i>Dactylis glomerata</i> L.	35
3	Одуванчик лекарственный	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	4
4	Подорожник большой	<i>Plantago major</i> L.	3
5	Лапчатка серебристая	<i>Potentilla argentea</i> L.	3
Парк им. Кирова площадка №7			
1	Кострец безостый	<i>Bromopsis inermis</i> Leyss.	35
2	Полевица тонкая	<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	35
3	Тысячелистник обыкновен-ный	<i>Achillea millefolium</i> L.	15
4	Подорожник большой	<i>Plantago major</i> L.	10
5	Клевер луговой	<i>Trifolium pratense</i> L.	5
Парк им. Кирова площадка №8			
1	Ежа сборная	<i>Dactylis glomerata</i> L.	40
2	Клевер луговой	<i>Trifolium pratense</i> L.	35
3	Одуванчик лекарственный	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	13
4	Подорожник средний	<i>Plantago media</i> L.	7
5	Тысячелистник обыкновен-ный	<i>Achillea millefolium</i> L.	5

Продолжение таблицы Е.1.

№ растения	Наименование растения	Латинское название	Проективное покрытие, %
Парк им. Кирова площадка №9			
1	Одуванчик лекарственный	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	25
2	Кострец безостый	<i>Bromopsis inermis</i> Leyss.	23
3	Ежа сборная	<i>Dactylis glomerata</i> L.	20
4	Вероника дубравная	<i>Veronica chamaedrys</i> L.	15
5	Полевица тонкая	<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	12
6	Тысячелистник обыкновенный	<i>Achillea millefolium</i> L.	5
Парк им. Кирова площадка №10			
1	Одуванчик лекарственный	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	35
2	Вероника дубравная	<i>Veronica chamaedrys</i> L.	25
3	Клевер луговой	<i>Trifolium pratense</i> L.	15
4	Полевица тонкая	<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	15
5	Бедренец камнеломка	<i>Pimpinella saxifraga</i> L.	10
Парк им. Кирова площадка №11			
1	Кострец безостый	<i>Bromopsis inermis</i> Leyss.	55
2	Клевер луговой	<i>Trifolium pratense</i> L.	25
3	Одуванчик лекарственный	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	10
4	Бедренец камнеломка	<i>Pimpinella saxifraga</i> L.	5
5	Тысячелистник обыкновенный	<i>Achillea millefolium</i> L.	5
Парк им. Кирова площадка №12			
1	Кострец безостый	<i>Bromopsis inermis</i> Leyss.	37
2	Земляника лесная	<i>Fragaria vesca</i> L.	19
3	Горошек мышиный	<i>Vicia sepium</i> L.	15
4	Одуванчик лекарственный	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	12
5	Клевер луговой	<i>Trifolium pratense</i> L.	10
6	Вероника дубравная	<i>Veronica chamaedrys</i> L.	7
Парк им. Кирова площадка №13			
1	Кострец безостый	<i>Bromopsis inermis</i> Leyss.	30
2	Ежа сборная	<i>Dactylis glomerata</i> L.	25
3	Одуванчик лекарственный	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	15
4	Манжетка	<i>Alchemilla</i> sp.	12
5	Медуница неясная	<i>Pulmonaria obscura</i> Dum.	10
6	Земляника лесная	<i>Fragaria vesca</i> L.	4
7	Клевер луговой	<i>Trifolium pratense</i> L.	3
8	Сныть обыкновенная	<i>Aegopodium podagraria</i> L.	1
Парк им. Кирова площадка №14			
1	Кострец безостый	<i>Bromopsis inermis</i> Leyss.	50
2	Полевица тонкая	<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	20
3	Клевер луговой	<i>Trifolium pratense</i> L.	15
4	Сныть обыкновенная	<i>Aegopodium podagraria</i> L.	5

5	Бедренец камнеломка	<i>Pimpinella saxifraga</i> L.	5
6	Вероника дубравная	<i>Veronica chamaedrys</i> L.	5

Продолжение таблицы Е.1.

№ рас- тения	Наименование растения	Латинское название	Проективное покрытие, %
Буммаш площадка №1			
1	Кострец безостый	<i>Bromopsis inermis</i> Leyss.	30
2	Одуванчик лекарственный	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	20
3	Тмин обыкновенный	<i>Carum carvi</i> L.	20
4	Подмаренник мягкий	<i>Galium mollugo</i> L.	15
5	Бодяк полевой	<i>Cirsium arvense</i> L.	10
6	Мать-и-мачеха	<i>Tussilago farfara</i> L.	3
7	Клевер луговой	<i>Trifolium pratense</i> L.	2
Буммаш площадка №2			
1	Кострец безостый	<i>Bromopsis inermis</i> Leyss.	30
2	Одуванчик лекарственный	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	30
3	Подмаренник мягкий	<i>Galium mollugo</i> L.	20
4	Вероника дубравная	<i>Veronica chamaedrys</i> L.	10
5	Горошек мышиный	<i>Vicia sepium</i> L.	5
6	Бодяк полевой	<i>Cirsium arvense</i> L.	5
Буммаш площадка №3			
1	Мятлик луговой	<i>Poa pratensis</i> L.	60
2	Тысячелистник обыкновен.	<i>Achillea millefolium</i> L.	25
3	Одуванчик лекарственный	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	10
4	Пижма обыкновенная	<i>Tanacetum vulgare</i> L.	5
Буммаш площадка №4			
1	Ежа сборная	<i>Dactylis glomerata</i> L.	50
2	Чина луговая	<i>Vicia sepium</i> L.	20
3	Одуванчик лекарственный	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	15
4	Люцерна серповидная	<i>Medicago falcata</i> L.	10
5	Вероника дубравная	<i>Veronica chamaedrys</i> L.	5
Буммаш площадка №5			
1	Клевер луговой	<i>Trifolium pratense</i> L.	50
2	Одуванчик лекарственный	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	20
3	Подмаренник мягкий	<i>Galium mollugo</i> L.	20
4	Редька дикая	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	10
Буммаш площадка №6			
1	Клевер луговой	<i>Trifolium pratense</i> L.	70
2	Одуванчик лекарственный	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	15
3	Кострец безостый	<i>Bromopsis inermis</i> Leyss.	10
4	Подорожник средний	<i>Plantago media</i> L.	5
Буммаш площадка №7			
1	Одуванчик лекарственный	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	65
2	Кострец безостый	<i>Bromopsis inermis</i> Leyss.	25
3	Лапчатка серебристая	<i>Potentilla argentea</i> L.	10
Буммаш площадка №8			

1	Кострец безостый	Bromopsis inermis Leyss.	70
2	Горошек мышиный	Vicia sepium L.	25
3	Лопух большой	Arctium lappa L.	5

Продолжение таблицы Е.1.

№ рас- тения	Наименование растения	Латинское название	Проективное покрытие, %
Ижсталь площадка №1			
1	Горец птичий	Poligonum aviculare L.	25
2	Кострец безостый	Bromopsis inermis Leyss.	25
3	Подорожник большой	Plantago major L.	20
4	Мятлик луговой	Poa pratensis L.	15
5	Трехреберник непахучий	Tripleurospermum inodorum L.	10
6	Одуванчик лекарственный	Taraxacum officinale Wigg.	5
Ижсталь площадка №2			
1	Ежа сборная	Dactylis glomerata L.	35
2	Малина обыкновенная	Rubus idaeus L.	20
3	Полынь обыкновенная	Artemisia vulgaris L.	15
4	Клевер луговой	Trifolium pratense L.	10
5	Одуванчик лекарственный	Taraxacum officinale Wigg.	9
6	Вьюн полевой	Convolvulus arvensis L.	5
7	Полевица тонкая	Agrostis tenuis Sibth.	5
8	Люцерна хмелевая	Medicago lupulina L.	1
Ижсталь площадка №3			
1	Одуванчик лекарственный	Taraxacum officinale Wigg.	55
2	Кострец безостый	Bromopsis inermis Leyss.	40
3	Подорожник большой	Plantago major L.	5
Ижсталь площадка №4			
1	Кострец безостый	Bromopsis inermis Leyss.	58
2	Одуванчик лекарственный	Taraxacum officinale Wigg.	35
3	Полынь обыкновенная	Artemisia vulgaris L.	3
4	Марь белая	Chenopodium album L.	2
5	Подорожник большой	Plantago major L.	2
Ижсталь площадка №5			
1	Кострец безостый	Bromopsis inermis Leyss.	62
2	Одуванчик лекарственный	Taraxacum officinale Wigg.	20
3	Чистотел большой	Chelidonium majus L.	5
4	Крапива двудомная	Urtica dioica L.	5
5	Герань лесная	Geranium sylvaticum L.	5
6	Полынь обыкновенная	Artemisia vulgaris L.	3
Ижсталь площадка №6			
1	Мята полевая	Mentha arvensis L.	63
2	Кострец безостый	Bromopsis inermis Leyss.	25
3	Ежа сборная	Dactylis glomerata L.	12
К.Либнехта площадка №1			
1	Ежа сборная	Dactylis glomerata L.	45

2	Вероника дубравная	Veronica chamaedrys L.	20
3	Одуванчик лекарственный	Taraxacum officinale Wigg.	15
4	Мятлик луговой	Poa pratensis L.	15
5	Осока лисья	Carex vulpina L.	5

Продолжение таблицы Е.1.

№ рас- тения	Наименование растения	Латинское название	Проективное покрытие, %
К.Либнехта площадка №2			
1	Клевер луговой	Trifolium pratense L.	65
2	Одуванчик лекарственный	Taraxacum officinale Wigg.	10
3	Мятлик луговой	Poa pratensis L.	10
4	Лопух большой	Arctium lappa L.	5
5	Лапчатка гусиная	Potentilla anserina L.	5
6	Подорожник большой	Plantago major L.	5
К.Либнехта площадка №3			
1	Кострец безостый	Bromopsis inermis Leyss.	50
2	Одуванчик лекарственный	Taraxacum officinale Wigg.	30
3	Полынь горькая	Artemisia absinthium L.	20
К.Либнехта площадка №4			
1	Кострец безостый	Bromopsis inermis Leyss.	45
2	Одуванчик лекарственный	Taraxacum officinale Wigg.	30
3	Вероника дубравная	Veronica chamaedrys L.	15
4	Лопух большой	Arctium lappa L.	10
К.Либнехта площадка №5			
1	Кострец безостый	Bromopsis inermis Leyss.	50
2	Одуванчик лекарственный	Taraxacum officinale Wigg.	35
3	Пижма обыкновенная	Tanacetum vulgare L.	15
К.Либнехта площадка №6			
1	Ежа сборная	Dactylis glomerata L.	55
2	Мята полевая	Mehtha arvensis L.	25
3	Одуванчик лекарственный	Taraxacum officinale Wigg.	15
4	Лопух большой	Arctium lappa L.	5
К.Либнехта площадка №7			
1	Клевер луговой	Trifolium pratense L.	60
2	Одуванчик лекарственный	Taraxacum officinale Wigg.	15
3	Кострец безостый	Bromopsis inermis Leyss.	15
4	Мать-и-мачеха	Tussilago farfara L.	5
5	Подорожник большой	Plantago major L.	5
Ул. Удмуртская, площадка №1			
1	Одуванчик лекарственный	Taraxacum officinale Wigg.	60
2	Ежа сборная	Dactylis glomerata L.	23
3	Клевер луговой	Trifolium pratense L.	10
4	Мать-и-мачеха	Tussilago farfara L.	5
5	Клен ясенелистный	Acer negundo L.	2
Ул. Удмуртская, площадка №2			
1	Мятлик луговой	Poa pratensis L.	50
2	Ежа сборная	Dactylis glomerata L.	15

3	Лопух большой	Arctium lappa actylis glomerataL.	10
4	Полынь горькая	Artemisia absinthium L.	10
5	Одуванчик лекарственный	Taraxacum officinale Wigg.	7
6	Горошек мышиный	Vicia sepium L.	5

Продолжение таблицы Е.1.

№ рас- тения	Наименование растения	Латинское название	Проективное покрытие, %
7	Тысячелистник обыкновенный	Achillea millefolium L.	3
Ул. Удмуртская, площадка №3			
1	Одуванчик лекарственный	Taraxacum officinale Wigg.	30
2	Пырей ползучий	Elytrigia repens L.	30
3	Осот полевой	Sonchus arvensis L.	30
4	Подорожник большой	Plantago major L.	10
Ул. Удмуртская, площадка №4			
1	Кострец безостый	Bromopsis inermis Leyss.	30
2	Полынь горькая	Artemisia absinthium L.	30
3	Пырей ползучий	Elytrigia repens L.	30
4	Одуванчик лекарственный	Taraxacum officinale Wigg.	10
Ул. Удмуртская, площадка №5			
1	Ежа сборная	Dactylis glomerata L.	40
2	Одуванчик лекарственный	Taraxacum officinale Wigg.	30
3	Донник белый	Melilotus albus Medic.	8
4	Лапчатка гусиная	Potentilla anserina L.	5
5	Подорожник ланцетовидный	Plantago lanceolata L.	5
6	Клевер гибридный	Trifolium hybridum L.	5
7	Бодяк полевой	Cirsium arvense L.	4
8	Подорожник большой	Plantago major L.	3
Ул. Удмуртская, площадка №6			
1	Ежа сборная	Dactylis glomerata L.	90
2	Подорожник большой	Plantago major L.	5
3	Одуванчик лекарственный	Taraxacum officinale Wigg.	5
Ул. Удмуртская, площадка №7			
1	Кострец безостый	Bromopsis inermis Leyss.	50
2	Горец птичий	Poligonum aviculare L.	24
3	Марь белая	Chenopodium album L.	15
4	Райграс высокий	Arrhenatherum elatius L.	10
5	Одуванчик лекарственный	Taraxacum officinale Wigg.	1
Ул. Удмуртская, площадка №8			
1	Одуванчик лекарственный	Taraxacum officinale Wigg.	30
2	Клевер ползучий	Trifolium repens L.	25
3	Люцерна хмелевая	Medicago lupulina L.	25
4	Кострец безостый	Bromopsis inermis Leyss.	20
Ул. Удмуртская, площадка №9			
1	Кострец безостый	Bromopsis inermis Leyss.	60
2	Одуванчик лекарственный	Taraxacum officinale Wigg.	40
Ул. Удмуртская, площадка №10			
1	Лопух большой	Arctium lappa actylis glomerata	50

		L.	
2	Одуванчик лекарственный	Taraxacum officinale Wigg.	30
3	Мятлик луговой	Poa pratensis L.	18
4	Клевер луговой	Trifolium pratense L.	2

Окончание таблицы Е.1.

№ рас- тения	Наименование растения	Латинское название	Проективное покрытие, %
Ул. Удмуртская, площадка №11			
1	Гравилат городской	Geum urbanum L.	40
2	Одуванчик лекарственный	Taraxacum officinale Wigg.	30
3	Кострец безостый	Bromopsis inermis Leyss.	20
4	Чистотел большой	Chelidonium majus L.	10
Ул. Удмуртская, площадка №12			
1	Одуванчик лекарственный	Taraxacum officinale Wigg.	40
2	Кострец безостый	Bromopsis inermis Leyss.	40
3	Полынь обыкновенная	Artemisia vulgare L.	20

Приложение Ж

Таблица Ж.1. Жизненное состояние древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах города, баллы (г. Ижевск)

Район произрастания	Вид растения	Количество живых ветвей в кроне	Степень облиственности	Количество живых (без некрозов) листьев	Средняя живая площадь листа	Жизненное состояние, сумма баллов
Зоны условного контроля						
Парк им. Кирова	Береза повислая	10,0±0,0	10,0±0,0	10,0±0,0	9,6±0,2	39,6±0,2
	Клен ясенелистный	9,0±0,3	10,0±0,7	10,0±0,7	10,0±0,7	39,0±2,3
	Липа мелколистная	8,0±0,0	10,0±0,0	0,0±0,0	6,0±0,0	24,0±0,0
	Тополь бальзамический	9,3±0,3	10,0±0,0	9,0±0,0	9,0±0,0	37,3±0,3
	Рябина обыкновенная	9,0±0,0	8,5±0,0	0,0±0,0	9,0±0,0	26,5±0,0
	Карагана древовидная	10,0±0,0	9,7±0,3	8,0±0,0	8,7±0,3	36,3±0,7
Ботанический сад УдГУ	Береза повислая	10,0±0,0	10,0±0,0	10,0±0,0	9,3±0,3	39,3±0,2
	Липа мелколистная	9,3±0,3	10,0±0,0	0,0±0,0	6,7±0,2	26,0±0,3
	Рябина обыкновенная	9,0±0,0	8,7±0,2	6,3±3,2	9,5±0,3	33,6±3,4
Санитарно-защитные зоны промышленных предприятий						
Буммаш	Береза повислая	10,0±0,0	10,0±0,0	9,0±0,0	9,0±0,0	38,0±0,0
	Клен ясенелистный	10,0±0,0	9,6±0,31	9,3±0,3	8,7±0,3	37,5±0,3
	Липа мелколистная	9,0±0,0	10,0±0,0	0,0±0,0	9,5±0,0	28,5±0,0
	Тополь бальзамический	9,2±0,6	9,5±0,3	9,3±0,3	9,0±0,0	37,0±1,5
	Рябина обыкновенная	8,7±0,3	8,7±1,3	9,3±0,7	9,0±0,5	35,7±2,8
	Карагана древовидная	10,0±0,0	10,0±0,0	3,7±1,2	4,2±0,1	27,8±1,1
Ижсталь	Береза повислая	10,0±0,0	10,0±0,0	9,0±1,0	9,3±0,7	38,3±1,7
	Клен ясенели-	10,0±0,0	10,0±0,0	9,0±0,0	9,0±0,0	38,0±0,0

	стный					
	Липа мелко- листная	9,3±0,7	9,6±0,3	5,3±2,7	9,2±0,2	33,5±2,5

Окончание таблицы Ж.1.

Район произ- растания	Вид растения	Количе- ство жи- вых вет- вей в кроне	Степень облиств- ленности	Количе- ство жи- вых (без некро- зов) ли- стьев	Средняя живая площадь листа	Жизненное состояние, сумма бал- лов
Ижсталь	Тополь бальза- мический	9,7±0,3	9,3±0,3	9,3±0,3	9,0±0,0	37,3±1,2
	Рябина обык- новенная	9,3±0,7	9,3±0,7	9,0±0,6	9,0±0,6	36,7±2,4
	Карагана дре- вовидная	10,0±0,0	10,0±0,0	5,3±2,7	7,0±1,0	32,3±1,6
Магистральные посадки						
Ул. К.Либкнехта	Береза повис- лая	10,0±0,0	10,0±0,0	9,5±0,0	8,7±0,3	38,2±0,3
	Клен ясенели- стный	9,3±0,7	10,0±0,0	9,3±0,7	10,0±0,0	38,7±0,7
	Липа мелко- листная	9,3±0,2	9,3±0,4	5,7±1,8	7,3±0,8	31,7±2,1
	Тополь бальза- мический	10,0±0,0	10,0±0,0	0,0±0,0	5,0±0,0	25,0±0,0
	Рябина обык- новенная	8,0±1,0	9,0±1,0	10,0±0,0	10,0±0,0	37,0±2,0
	Карагана дре- вовидная	8,3±1,7	8,3±1,2	0,0±0,0	5,3±0,3	22,0±3,0
Ул. Удмурт- ская	Береза повис- лая	10,0±0,0	10,0±0,0	7,0±0,0	8,0±0,0	35,0±0,0
	Клен ясенели- стный	10,0±0,0	10,0±0,0	8,3±0,3	8,3±0,3	36,7±0,7
	Липа мелко- листная	10,0±0,0	10,0±0,0	0,0±0,0	9,0±0,0	29,0±0,0
	Тополь бальза- мический	10,0±0,0	10,0±0,0	0,0±0,0	8,0±0,0	28,0±0,0
	Рябина обык- новенная	8,7±0,3	9,7±0,3	10,0±0,0	10,0±0,0	38,3±0,7
	Карагана дре- вовидная	8,3±1,7	8,0±1,5	0,0±0,0	4,5±0,3	20,8±3,2

Приложение И

Таблица И.1. Результаты дисперсионного многофакторного анализа интенсивности фотосинтеза изучаемых видов древесных растений (2006 г.)

Факторы	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	408,3333	72	108,4881	3,763855	0,056289
2	2	1638,11	72	108,4881	15,09945	3,34E-06
3	3	2256,443	72	108,4881	20,799	8,26E-10
4	2	1102,27	72	108,4881	10,16029	0,00013
12	2	663,4417	72	108,4881	6,115343	0,003524
13	3	262,2434	72	108,4881	2,417256	0,073291
14	2	187,3229	72	108,4881	1,726668	0,185159
24	4	1793,774	72	108,4881	16,5343	1,18E-09
34	6	1773,97	72	108,4881	16,35176	8,79E-12
124	4	646,1578	72	108,4881	5,956027	0,000338
134	6	215,416	72	108,4881	1,98562	0,078852

Примечания: факторы 1 – вид, 2 – зона, 3 – пункт (вложен), 4 – месяц.

Таблица И.2 . Результаты LSD – теста. Влияние места произрастания на интенсивность фотосинтеза изучаемых видов древесных растений в 2006 г.

	ЗУК	СЗЗ	Магистрالی
среднее	4,726666	17,24195	6,621389
ЗУК			2,67E-06
СЗЗ	2,67E-06		4,81E-05
Магистрالی	0,442773	4,81E-05	

Таблица И.3. Результаты LSD – теста. Влияние срока вегетации на интенсивность фотосинтеза изучаемых видов древесных растений в 2006 г.

	Июнь	Июль	Август
среднее	15,59722	8,231389	4,761389
Июнь			0,003703
Июль	0,003703		0,161838
Август	3,5E-05	0,161838	

Таблица И.4. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей и места произрастания на интенсивность фотосинтеза изучаемых видов древесных растений в 2006 г.

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
среднее	5,550000	17,47500	-,268333	3,903333	17,00889	13,51111
Береза повислая (ЗУК) {1}		0,000988	0,09811	0,636735	0,001504	0,001504
Береза повислая (СЗЗ) {2}	0,000988		2,54E-06	0,000207	0,893578	0,257362
Береза повислая (Магистрالی) {3}	0,09811	2,54E-06		0,233477	4,27E-06	0,000169
Клен ясенелистный (ЗУК) {4}	0,636735	0,000207	0,233477		0,000326	0,00718

Клен ясенелистный (С33) {5}	0,001504	0,893578	4,27E-06	0,000326		0,317093
Клен ясенелистный (Магистрала){6}	0,024771	0,257362	0,000169	0,00718	0,317093	

Таблица И.5. Результаты LSD – теста. Влияние срока вегетации и места произрастания на интенсивность фотосинтеза изучаемых видов древесных растений в 2006 г.

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
Среднее	10,59333	7,074167	-3,48750	36,74667	10,02417	4,955000	-,548333	7,595833	12,81667
ЗУК (июнь) {1}		0,410627	0,001453	3,9E-08	0,893893	0,189039	0,010712	0,48313	0,602674
ЗУК (июль) {2}	0,410627		0,015327	1,21E-09	0,490068	0,619744	0,077238	0,902701	0,181094
ЗУК (август) {3}	0,001453	0,015327		2,9E-14	0,002189	0,050905	0,491657	0,011111	0,000267
СЗЗ (июнь) {4}	3,9E-08	1,21E-09	2,9E-14		2,24E-08	1,45E-10	5,58E-13	2,04E-09	3,29E-07
СЗЗ (июль) {5}	0,893893	0,490068	0,002189	2,24E-08		0,237127	0,015227	0,569727	0,513457
СЗЗ (август) {6}	0,189039	0,619744	0,050905	1,45E-10	0,237127		0,199723	0,536529	0,068587
Магистрали (июнь) {7}	0,010712	0,077238	0,491657	5,58E-13	0,015227	0,199723		0,059429	0,002428
Магистрали (июль) {8}	0,48313	0,902701	0,011111	2,04E-09	0,569727	0,536529	0,059429		0,223524
Магистрали (август) {9}	0,602674	0,181094	0,000267	3,29E-07	0,513457	0,068587	0,002428	0,223524	

Таблица И.6. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей, срока вегетации и места произрастания на интенсивность фотосинтеза изучаемых видов древесных растений в 2006 г.

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
Среднее	12,70333	3,261667	,6850000	47,27333	5,401667	-,250000	-13,2767	2,625000	9,846666
Береза повислая ЗУК (июнь) {1}		0,120784	0,049434	2,02E-07	0,228637	0,034586	4,91E-05	0,098088	0,636197
Береза повислая ЗУК (июль) {2}	0,120784		0,669583	2,84E-10	0,722983	0,561072	0,007527	0,915978	0,277154
Береза повислая ЗУК (август) {3}	0,049434	0,669583		4,54E-11	0,435413	0,876876	0,023082	0,747929	0,132013
Береза повислая СЗЗ (июнь) {4}	2,02E-07	2,84E-10	4,54E-11		1,29E-09	2,33E-11	2,21E-15	1,81E-10	2,88E-08
Береза повислая СЗЗ (июль) {5}	0,228637	0,722983	0,435413	1,29E-09		0,350451	0,002712	0,645663	0,46221
Береза повислая СЗЗ (август) {6}	0,034586	0,561072	0,876876	2,33E-11	0,350451		0,033606	0,634036	0,09749
Береза повислая магистрали (июнь) {7}	4,91E-05	0,007527	0,023082	2,21E-15	0,002712	0,033606		0,010042	0,000258
Береза повислая магистрали (июль) {8}	0,098088	0,915978	0,747929	1,81E-10	0,645663	0,634036	0,010042		0,233726
Береза повислая магистрали (август) {9}	0,636197	0,277154	0,132013	2,88E-08	0,46221	0,09749	0,000258	0,233726	
Клен ясенелистный ЗУК (июнь) {10}	0,485098	0,388105	0,198842	1,12E-08	0,609901	0,150768	0,000547	0,333224	0,821291
Клен ясенелистный ЗУК (июль) {11}	0,76345	0,208893	0,094121	5,88E-08	0,364756	0,068136	0,000143	0,173752	0,863181
Клен ясенелистный ЗУК (август) {12}	0,001151	0,073506	0,169508	1,17E-13	0,033147	0,221876	0,353424	0,091515	0,004789
Клен ясенелистный СЗЗ (июнь) {13}	0,027659	0,000283	6,4E-05	0,0008	0,000906	3,66E-05	6,85E-09	0,000197	0,008117
Клен ясенелистный СЗЗ (июль) {14}	0,747511	0,062346	0,023082	7,38E-07	0,128588	0,015591	1,5E-05	0,049373	0,42738
Клен ясенелистный СЗЗ (август) {15}	0,673604	0,255124	0,1195	3,57E-08	0,431386	0,087719	0,000216	0,214258	0,95859
Клен ясенелистный магистрали (июнь) {16}	0,930893	0,142428	0,059918	1,42E-07	0,26341	0,04233	6,7E-05	0,116462	0,699151
Клен ясенелистный магистрали (июль) {17}	0,981931	0,126165	0,052008	1,84E-07	0,237379	0,036479	5,33E-05	0,102642	0,652404
Клен ясенелистный магистрали (август) {18}	0,609709	0,040822	0,014274	1,56E-06	0,088467	0,009452	7,38E-06	0,031865	0,326573

Окончание таблицы И.6.

	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}
Среднее	8,483334	10,88667	-7,66000	26,22000	14,64667	10,16000	12,18000	12,56667	15,78667
Береза повислая ЗУК (июнь) {1}	0,485098	0,76345	0,001151	0,027659	0,747511	0,673604	0,930893	0,981931	0,609709
Береза повислая ЗУК (июль) {2}	0,388105	0,208893	0,073506	0,000283	0,062346	0,255124	0,142428	0,126165	0,040822
Береза повислая ЗУК (август) {3}	0,198842	0,094121	0,169508	6,4E-05	0,023082	0,1195	0,059918	0,052008	0,014274
Береза повислая СЗЗ (июнь) {4}	1,12E-08	5,88E-08	1,17E-13	0,0008	7,38E-07	3,57E-08	1,42E-07	1,84E-07	1,56E-06
Береза повислая СЗЗ (июль) {5}	0,609901	0,364756	0,033147	0,000906	0,128588	0,431386	0,26341	0,237379	0,088467
Береза повислая СЗЗ (август) {6}	0,150768	0,068136	0,221876	3,66E-05	0,015591	0,087719	0,04233	0,036479	0,009452
Береза повислая магистрали (июнь) {7}	0,000547	0,000143	0,353424	6,85E-09	1,5E-05	0,000216	6,7E-05	5,33E-05	7,38E-06
Береза повислая магистрали (июль) {8}	0,333224	0,173752	0,091515	0,000197	0,049373	0,214258	0,116462	0,102642	0,031865
Береза повислая магистрали (август) {9}	0,821291	0,863181	0,004789	0,008117	0,42738	0,95859	0,699151	0,652404	0,326573
Клен ясенелистный ЗУК (июнь) {10}		0,690595	0,009009	0,004291	0,308837	0,781186	0,540675	0,4993	0,228532
Клен ясенелистный ЗУК (июль) {11}	0,690595		0,002894	0,012908	0,53378	0,904156	0,830321	0,780762	0,417858
Клен ясенелистный ЗУК (август) {12}	0,009009	0,002894		3,21E-07	0,000406	0,004123	0,001509	0,001236	0,000215
Клен ясенелистный СЗЗ (июнь) {13}	0,004291	0,012908	3,21E-07		0,058238	0,009353	0,02235	0,026175	0,087024
Клен ясенелистный СЗЗ (июль) {14}	0,308837	0,53378	0,000406	0,058238		0,45804	0,682888	0,730437	0,850178
Клен ясенелистный СЗЗ (август) {15}	0,781186	0,904156	0,004123	0,009353	0,45804		0,737917	0,690188	0,352573
Клен ясенелистный магистрали (июнь) {16}	0,540675	0,830321	0,001509	0,02235	0,682888	0,737917		0,94891	0,550551
Клен ясенелистный магистрали (июль) {17}	0,4993	0,780762	0,001236	0,026175	0,730437	0,690188	0,94891		0,593983
Клен ясенелистный магистрали (август) {18}	0,228532	0,417858	0,000215	0,087024	0,850178	0,352573	0,550551	0,593983	

Приложение К

Таблица К.1. Результаты дисперсионного многофакторного анализа интенсивности фотосинтеза изучаемых видов древесных растений в 2007 г.

Факторы	df	MS	Df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	14,01841	72	9,150978	1,531903	0,219848
2	2	24,08599	72	9,150978	2,632068	0,078843
3	3	71,66454	72	9,150978	7,831353	0,000136
4	2	263,3494	72	9,150978	28,77828	6,54E-10
12	2	32,7597	72	9,150978	3,579912	0,032946
13	3	11,37166	72	9,150978	1,242671	0,300633
14	2	5,514827	72	9,150978	0,602649	0,550097
24	4	16,49374	72	9,150978	1,802402	0,137745
34	6	11,1311	72	9,150978	1,216383	0,307964
124	4	20,9906	72	9,150978	2,29381	0,067554
134	6	9,794087	72	9,150978	1,070278	0,388381

Примечания: факторы 1 – вид, 2 – зона, 3 – пункт (вложен), 4 – месяц.

Таблица К.2. Результаты LSD – теста. Влияние срока вегетации на интенсивность фотосинтеза изучаемых видов древесных растений в 2007 г.

	Июнь	Июль	Август
среднее	4,748055	9,522500	9,337389
Июнь		4E-09	1,19E-08
Июль	4E-09		0,795899
Август	1,19E-08	0,795899	

Таблица К.3. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей и места произрастания на интенсивность фотосинтеза изучаемых видов древесных растений в 2007 г.

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
Среднее	9,705444	8,694500	6,288833	7,585556	7,200056	7,741500
Береза повислая (ЗУК) {1}		0,319426	0,001143	0,039022	0,015294	0,055353
Береза повислая (СЗЗ) {2}	0,319426		0,019677	0,275101	0,142687	0,347766
Береза повислая (Магистрала) {3}	0,001143	0,019677		0,20257	0,369182	0,154023
Клен ясенелистный (ЗУК) {4}	0,039022	0,275101	0,20257		0,70336	0,877528
Клен ясенелистный (СЗЗ) {5}	0,015294	0,142687	0,369182	0,70336		0,592951
Клен ясенелистный (Магистрала) {6}	0,055353	0,347766	0,154023	0,877528	0,592951	

Приложение Л

Таблица Л.1. Результаты дисперсионного многофакторного анализа интенсивности фотосинтеза изучаемых видов травянистых растений в 2006 г.

Факторы	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	6196,729	72	99,60867	62,21074	2,49E-11
2	2	548,7999	72	99,60867	5,50956	0,005937
3	3	1047,338	72	99,60867	10,51453	8,12E-06
4	2	18471,08	72	99,60867	185,4365	3,96E-29
12	2	911,1736	72	99,60867	9,147533	0,000288
13	3	1371,346	72	99,60867	13,76734	3,45E-07
14	2	254,3055	72	99,60867	2,553046	0,084874
24	4	1787,774	72	99,60867	17,94798	2,91E-10
34	6	3443,213	72	99,60867	34,56741	2,49E-19
124	4	3595,617	72	99,60867	36,09743	1,56E-16
134	6	1191,3	72	99,60867	11,9598	2,86E-09

Примечания: факторы 1 – вид, 2 – зона, 3 – пункт (вложен), 4 – месяц.

Таблица Л.2. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей на интенсивность фотосинтеза в 2006 г.

	{1}	{2}
Среднее	6,842685	21,99222
Ежа сборная {1}		2,49E-11
Кострец безостый {2}	2,49E-11	

Таблица Л.3. Результаты LSD – теста. Влияние места произрастания на интенсивность фотосинтеза изучаемых видов травянистых растений в 2006 г.

	ЗУК	СЗЗ	Магистрали
Среднее	9,979584	15,94833	17,32444
ЗУК		0,013338	0,002584
СЗЗ	0,013338		0,56039
Магистрали	0,002584	0,56039	

Таблица Л.4. Результаты LSD – теста. Влияние срока вегетации на интенсивность фотосинтеза изучаемых видов травянистых растений в 2006 г.

	{1}	{2}	{3}
Среднее	38,85944	10,26042	-5,86750
Июнь {1}		4,04E-19	8,75E-30
Июль {2}	4,04E-19		2,04E-09
Август {3}	8,75E-30	2,04E-09	

Таблица Л.5. Результаты LSD – теста. Влияние срока вегетации и места произрастания на интенсивность фотосинтеза изучаемых видов травянистых растений в 2006 г.

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
Среднее	46,83500	-4,29375	-12,6025	33,84417	24,14333	-10,1425	35,89917	10,93167	5,142500
ЗУК (июнь) {1}		8,49E-20	3,42E-23	0,002119	4,16E-07	3,27E-22	0,009021	4,68E-13	1,11E-15
ЗУК (июль) {2}	8,49E-20		0,0451	4,48E-14	1,21E-09	0,155487	5,24E-15	0,00037	0,023413
ЗУК (август) {3}	3,42E-23	0,0451		8,71E-18	1,93E-13	0,547903	1,12E-18	1,81E-07	4,33E-05
СЗЗ (июнь) {4}	0,002119	4,48E-14	8,71E-18		0,019919	1,05E-16	0,61555	3,35E-07	9,16E-10
СЗЗ (июль) {5}	4,16E-07	1,21E-09	1,93E-13	0,019919		2,58E-12	0,005157	0,001797	1,4E-05
СЗЗ (август) {6}	3,27E-22	0,155487	0,547903	1,05E-16	2,58E-12		1,31E-17	2E-06	0,000353
Магистрالي (июнь) {7}	0,009021	5,24E-15	1,12E-18	0,61555	0,005157	1,31E-17		4,28E-08	1,06E-10
Магистрالي (июль) {8}	4,68E-13	0,00037	1,81E-07	3,35E-07	0,001797	2E-06	4,28E-08		0,159682
Магистрالي (август) {9}	1,11E-15	0,023413	4,33E-05	9,16E-10	1,4E-05	0,000353	1,06E-10	0,159682	

Таблица Л.6. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей и места произрастания на интенсивность фотосинтеза изучаемых видов травянистых растений в 2006 г.

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
Среднее	6,901389	2,940000	10,68667	13,05778	28,95667	23,96222
Ежа сборная (ЗУК) {1}		0,237663	0,258971	0,068338	5,29E-09	2,37E-06
Ежа сборная (СЗЗ) {2}	0,237663		0,022694	0,003285	3,32E-11	1,94E-08
Ежа сборная (Магистрالي) {3}	0,258971	0,022694		0,478317	5,67E-07	0,000157
Кострец безостый (ЗУК) {4}	0,068338	0,003285	0,478317		9,05E-06	0,001613
Кострец безостый (СЗЗ) {5}	5,29E-09	3,32E-11	5,67E-07	9,05E-06		0,137658
Кострец безостый (Магистрالي) {6}	2,37E-06	1,94E-08	0,000157	0,001613	0,137658	

Таблица Л.7. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей, срока вегетации и места произрастания на интенсивность фотосинтеза изучаемых видов травянистых растений в 2006 г.

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
Среднее	20,12667	2,709167	-2,13167	27,16167	1,498333	-19,8400	37,38334	9,023334	-14,3467
Ежа сборная ЗУК (июнь) {1}		0,003469	0,000243	0,226111	0,00185	1,45E-09	0,003763	0,057935	7,78E-08
Ежа сборная ЗУК (июль) {2}	0,003469		0,403632	6,46E-05	0,834157	0,000204	6,74E-08	0,276822	0,004163
Ежа сборная ЗУК (август) {3}	0,000243	0,403632		2,82E-06	0,53071	0,00299	2,02E-09	0,056807	0,037466
Ежа сборная СЗЗ (июнь) {4}	0,226111	6,46E-05	2,82E-06		3,03E-05	7,81E-12	0,080305	0,002394	4,65E-10
Ежа сборная СЗЗ (июль) {5}	0,00185	0,834157	0,53071	3,03E-05		0,000414	2,83E-08	0,195735	0,007535
Ежа сборная СЗЗ (август) {6}	1,45E-09	0,000204	0,00299	7,81E-12	0,000414		3,96E-15	3,76E-06	0,343607
Ежа сборная магистрали (июнь) {7}	0,003763	6,74E-08	2,02E-09	0,080305	2,83E-08	3,96E-15		5,26E-06	2,3E-13
Ежа сборная магистрали (июль) {8}	0,057935	0,276822	0,056807	0,002394	0,195735	3,76E-06	5,26E-06		0,000125
Ежа сборная магистрали (август) {9}	7,78E-08	0,004163	0,037466	4,65E-10	0,007535	0,343607	2,3E-13	0,000125	
Кострец безостый ЗУК (июнь) {10}	6,57E-14	2,35E-19	8,56E-21	1,24E-11	1,02E-19	1E-25	2,32E-08	2E-17	2,99E-24
Кострец безостый ЗУК (июль) {11}	6,61E-07	0,017564	0,116095	4,38E-09	0,029532	0,142531	2,23E-12	0,000737	0,598217
Кострец безостый ЗУК (август) {12}	1,33E-10	2,81E-05	0,000519	7E-13	6E-05	0,576452	3,73E-16	4,14E-07	0,134285
Кострец безостый СЗЗ (июнь) {13}	0,000705	6,99E-09	1,98E-10	0,023212	2,89E-09	3,98E-16	0,587089	6,25E-07	2,24E-14
Кострец безостый СЗЗ (июль) {14}	1,6E-05	6,9E-11	1,87E-12	0,001081	2,8E-11	4,46E-18	0,107006	7,27E-09	2,28E-16
Кострец безостый СЗЗ (август) {15}	0,00064	0,585804	0,770584	8,65E-06	0,736905	0,001227	6,94E-09	0,104706	0,018389
Кострец безостый магистрали (июнь) {16}	0,015491	5,43E-07	1,76E-08	0,212176	2,34E-07	3,53E-14	0,608034	3,59E-05	2,1E-12
Кострец безостый магистрали (июль) {17}	0,210106	0,082971	0,011357	0,015262	0,052886	2,76E-07	6,1E-05	0,509853	1,14E-05
Кострец безостый магистрали (август) {18}	0,436884	0,000295	1,5E-05	0,661927	0,000144	5,15E-11	0,030069	0,008433	3E-09

Окончание таблицы Л.7.

	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}
Среднее	73,54333	-11,2967	-23,0733	40,52667	46,78833	-,445000	34,41500	12,84000	24,63167
Ежа сборная ЗУК (июнь) {1}	6,57E-14	6,61E-07	1,33E-10	0,000705	1,6E-05	0,00064	0,015491	0,210106	0,436884
Ежа сборная ЗУК (июль) {2}	2,35E-19	0,017564	2,81E-05	6,99E-09	6,9E-11	0,585804	5,43E-07	0,082971	0,000295
Ежа сборная ЗУК (август) {3}	8,56E-21	0,116095	0,000519	1,98E-10	1,87E-12	0,770584	1,76E-08	0,011357	1,5E-05
Ежа сборная СЗЗ (июнь) {4}	1,24E-11	4,38E-09	7E-13	0,023212	0,001081	8,65E-06	0,212176	0,015262	0,661927
Ежа сборная СЗЗ (июль) {5}	1,02E-19	0,029532	6E-05	2,89E-09	2,8E-11	0,736905	2,34E-07	0,052886	0,000144
Ежа сборная СЗЗ (август) {6}	1E-25	0,142531	0,576452	3,98E-16	4,46E-18	0,001227	3,53E-14	2,76E-07	5,15E-11
Ежа сборная магистрали (июнь) {7}	2,32E-08	2,23E-12	3,73E-16	0,587089	0,107006	6,94E-09	0,608034	6,1E-05	0,030069
Ежа сборная магистрали (июль) {8}	2E-17	0,000737	4,14E-07	6,25E-07	7,27E-09	0,104706	3,59E-05	0,509853	0,008433
Ежа сборная магистрали (август) {9}	2,99E-24	0,598217	0,134285	2,24E-14	2,28E-16	0,018389	2,1E-12	1,14E-05	3E-09
Кострец безостый ЗУК (июнь) {10}		2,07E-23	1,44E-26	2,18E-07	1,5E-05	2,69E-20	2,68E-09	3,12E-16	1,88E-12
Кострец безостый ЗУК (июль) {11}	2,07E-23		0,044634	2,15E-13	2,1E-15	0,063705	2,04E-11	7,84E-05	2,75E-08
Кострец безостый ЗУК (август) {12}	1,44E-26	0,044634		3,86E-17	4,61E-19	0,000195	3,26E-15	2,78E-08	4,62E-12
Кострец безостый СЗЗ (июнь) {13}	2,18E-07	2,15E-13	3,86E-17		0,280803	6,91E-10	0,292394	8,2E-06	0,007356
Кострец безостый СЗЗ (июль) {14}	1,5E-05	2,1E-15	4,61E-19	0,280803		6,57E-12	0,035135	1,13E-07	0,000258
Кострец безостый СЗЗ (август) {15}	2,69E-20	0,063705	0,000195	6,91E-10	6,57E-12		5,9E-08	0,02402	4,38E-05
Кострец безостый магистрали (июнь){16}	2,68E-09	2,04E-11	3,26E-15	0,292394	0,035135	5,9E-08		0,000361	0,093855
Кострец безостый магистрали (июль) {17}	3,12E-16	7,84E-05	2,78E-08	8,2E-06	1,13E-07	0,02402	0,000361		0,044371
Кострец безостый магистрали (август){18}	1,88E-12	2,75E-08	4,62E-12	0,007356	0,000258	4,38E-05	0,093855	0,044371	

Приложение М

Таблица М.1. Результаты дисперсионного многофакторного анализа интенсивности фотосинтеза изучаемых видов травянистых растений в 2007 г.

Факторы	df	MS	Df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	57,5532	72	10,73862	5,359462	0,023464
2	2	55,40793	72	10,73862	5,15969	0,008052
3	3	45,29429	72	10,73862	4,217889	0,008343
4	2	98,96493	72	10,73862	9,215798	0,000273
12	2	8,503723	72	10,73862	0,791883	0,456896
13	3	5,110308	72	10,73862	0,475881	0,700054
14	2	32,35861	72	10,73862	3,013294	0,055365
24	4	25,69939	72	10,73862	2,393176	0,0584
34	6	19,5648	72	10,73862	1,821911	0,106793
124	4	23,42266	72	10,73862	2,181162	0,07964
134	6	8,306051	72	10,73862	0,773475	0,593314

Примечания: факторы 1 – вид, 2 – зона, 3 – пункт (вложен), 4 – месяц.

Таблица М.2. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей на интенсивность фотосинтеза в 2007 г.

	{1}	{2}
среднее	9,806074	8,346074
Ежа сборная {1}		0,023464
Кострец безостый {2}	0,023464	

Таблица М.3. Результаты LSD – теста. Влияние места произрастания на интенсивность фотосинтеза изучаемых видов травянистых растений в 2007 г.

	ЗУК	СЗЗ	Магистраль
среднее	10,44831	8,033806	8,746111
ЗУК		0,002555	0,030737
СЗЗ	0,002555		0,359501
Магистраль	0,030737	0,359501	

Таблица М.4. Результаты LSD – теста. Влияние срока вегетации на интенсивность фотосинтеза изучаемых видов травянистых растений в 2007 г.

	{1}	{2}	{3}
среднее	7,222667	10,41833	9,587222
Июнь {1}		9,4E-05	0,003096
Июль {2}	9,4E-05		0,28551
Август {3}	0,003096	0,28551	

Приложение Н

Таблица Н.1. Результаты дисперсионного многофакторного анализа водоудерживающей способности (потери воды) изучаемых видов древесных растений

Факторы	Df	MS	Df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	21,170	72	15,453	1,370	0,246
2	2	14,262	72	15,453	0,923	0,402
3	3	3,892	72	15,453	0,252	0,860
4	2	17,095	72	15,453	1,106	0,336
12	2	121,35	72	15,453	7,853	8,22E-04
13	3	11,436	72	15,453	0,740	0,532
14	2	14,340	72	15,453	0,928	0,400
24	4	7,487	72	15,453	0,484	0,747
34	6	38,024	72	15,453	2,461	0,032
124	4	23,789	72	15,453	1,539	0,200
134	6	15,785	72	15,453	1,022	0,418

Примечания: факторы 1 – вид, 2 – зона, 3 – пункт (вложен), 4 – месяц.

Таблица Н.2. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей и места произрастания на водоудерживающую способность изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
Среднее	9,732	6,167	5,003	6,519	8,161	8,879
Береза повислая (ЗУК) {1}		0,008	5,65E-04	0,017	0,234	0,517
Береза повислая (С33) {2}	0,008		0,378	0,789	0,132	0,042
Береза повислая (Магистрала) {3}	5,65E-04	0,378		0,251	0,018	0,004
Клен ясенелистный (ЗУК) {4}	0,017	0,789	0,251		0,214	0,076
Клен ясенелистный (С33) {5}	0,234	0,132	0,018	0,214		0,585
Клен ясенелистный (Магистрала) {6}	0,517	0,042	0,004	0,076	0,585	

Приложение II

Таблица II.1. Результаты дисперсионного многофакторного анализа водоудерживающей способности (потери воды) изучаемых видов травянистых растений

Факторы	df	MS	Df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	38,772	72	89,782	0,432	0,513
2	2	128,307	72	89,782	1,429	0,246
3	3	340,374	72	89,782	3,791	0,014
4	2	204,868	72	89,782	2,282	0,109
12	2	175,275	72	89,782	1,952	0,149
13	3	162,643	72	89,782	1,812	0,153
14	2	539,756	72	89,782	6,012	0,004
24	4	148,393	72	89,782	1,653	0,170
34	6	132,170	72	89,782	1,472	0,200
124	4	47,364	72	89,782	0,528	0,716
134	6	45,433	72	89,782	0,506	0,802

Примечания: факторы 1 – вид, 2 – зона, 3 – пункт (вложен), 4 – месяц.

Таблица II.2. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей и срока вегетации на водоудерживающую способность изучаемых видов травянистых растений

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
среднее	15,768	15,819	26,630	19,191	18,941	16,491
Ежа сборная (Июнь) {1}		0,987	9,74E-04	0,282	0,318	0,820
Ежа сборная (Июль) {2}	0,987		0,001	0,289	0,326	0,832
Ежа сборная (Август) {3}	9,74E-04	0,001		0,021	0,017	0,002
Кострец безостый (Июнь) {4}	0,282	0,289	0,021		0,937	0,396
Кострец безостый (Июль) {5}	0,318	0,326	0,017	0,937		0,441
Кострец безостый (Август) {6}	0,820	0,832	0,002	0,396	0,441	

Приложение Р

Таблица Р.1. Результаты дисперсионного многофакторного анализа нерастворимой пылеудерживающей способности изучаемых видов древесных растений

Факторы	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	1522,56	24	22,95552	66,32654	2,3E-08
2	2	210,9702	24	22,95552	9,190391	0,001088
3	3	378,6231	24	22,95552	16,49377	4,96E-06
12	2	295,8939	24	22,95552	12,88988	0,000158
13	3	318,8903	24	22,95552	13,89166	1,86E-05

Примечания: факторы 1 – вид, 2 – зона, 3 – пункт (вложен).

Таблица Р.2. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей на нерастворимую пылеудерживающую способность изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}
Среднее	17,11889	4,112222
Береза повислая {1}		2,3E-08
Клен ясенелистный {2}	2,3E-08	

Таблица Р.3. Результаты LSD – теста. Влияние места произрастания на нерастворимую пылеудерживающую способность изучаемых видов растений

	ЗУК	СЗЗ	Магистрали
Среднее	15,24000	9,545000	7,061666
ЗУК		0,007649	0,000333
СЗЗ	0,007649		0,2164
Магистрали	0,000333	0,2164	

Таблица Р.4. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей и срока вегетации на нерастворимую пылеудерживающую способность изучаемых видов травянистых растений

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
Среднее	27,46333	13,53333	10,36000	3,016667	5,556667	3,763333
Береза повислая (ЗУК) {1}		3,8E-05	2,18E-06	5,18E-09	3,77E-08	9,18E-09
Береза повислая (СЗЗ) {2}	3,8E-05		0,262614	0,000868	0,008168	0,001702
Береза повислая (магистрали) {3}	2,18E-06	0,262614		0,013872	0,095308	0,025341
Клен ясенелистный (ЗУК) {4}	5,18E-09	0,000868	0,013872		0,367636	0,789525
Клен ясенелистный (СЗЗ) {5}	3,77E-08	0,008168	0,095308	0,367636		0,522944
Клен ясенелистный (магистрали) {6}	9,18E-09	0,001702	0,025341	0,789525	0,522944	

Таблица Р.5. Результаты дисперсионного многофакторного анализа растворимой пылеудерживающей способности изучаемых видов древесных растений

Факторы	Df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	6107,162	24	380,017	16,07076	0,000515
2	2	1098,329	24	380,017	2,89021	0,075052
3	3	3382,09	24	380,017	8,899839	0,000383
12	2	5160,01	24	380,017	13,57837	0,000114
13	3	2398,586	24	380,017	6,311785	0,002607

Примечания: факторы 1 – вид, 2 – зона, 3 – пункт (вложен).

Таблица Р.6. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей на растворимую пылеудерживающую способность изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}
Среднее	46,33500	20,28555
Береза повислая{1}		0,000515
Клен ясенелистный{2}	0,000515	

Таблица Р.7. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей и срока вегетации на растворимую пылеудерживающую способность изучаемых видов травянистых растений

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
Среднее	72,84167	25,36667	40,79667	10,93333	44,73500	5,188334
Береза повислая (ЗУК) {1}		0,000303	0,008895	1,18E-05	0,019773	3,32E-06
Береза повислая (СЗЗ) {2}	0,000303		0,183072	0,211949	0,098141	0,085611
Береза повислая (магистрала) {3}	0,008895	0,183072		0,013913	0,729449	0,004192
Клен ясенелистный (ЗУК) {4}	1,18E-05	0,211949	0,013913		0,006157	0,614403
Клен ясенелистный (СЗЗ) {5}	0,019773	0,098141	0,729449	0,006157		0,001781
Клен ясенелистный (магистрала) {6}	3,32E-06	0,085611	0,004192	0,614403	0,001781	

Таблица С.1. Результаты дисперсионного многофакторного анализа нерастворимой пылеудерживающей способности изучаемых видов травянистых растений

Факторы	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	541,9584	24	54,949	9,862935	0,004434
2	2	646,3666	24	54,949	11,76303	0,000275
3	3	328,4318	24	54,949	5,97703	0,003418
12	2	161,3869	24	54,949	2,937031	0,072278
13	3	59,49456	24	54,949	1,082723	0,375257

Примечания: факторы 1 – вид, 2 – зона, 3 – пункт (вложен).

Таблица С.2. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей на нерастворимую пылеудерживающую способность изучаемых видов травянистых растений

	{1}	{2}
Среднее	29,23278	21,47278
Ежа сборная {1}		0,004434
Кострец безостый {2}	0,004434	

Таблица С.3. Результаты LSD – теста. Влияние места произрастания на нерастворимую пылеудерживающую способность изучаемых видов растений

	ЗУК	СЗЗ	Магистрала
Среднее	31,65500	27,10833	17,29500
ЗУК		0,146036	7,94E-05
СЗЗ	0,146036		0,003463
Магистрала	7,94E-05	0,003463	

Таблица С.4. Результаты дисперсионного многофакторного анализа растворимой пылеудерживающей способности изучаемых видов травянистых растений

Факторы	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	20944,36	24	4284,153	4,888798	0,036807
2	2	2270,321	24	4284,153	0,529935	0,595373
3	3	11528,79	24	4284,153	2,691032	0,068834
12	2	6905,864	24	4284,153	1,611956	0,220358
13	3	4742,522	24	4284,153	1,106992	0,365652

Примечание: факторы 1 – вид, 2 – зона, 3 – пункт (вложен).

Таблица С.5. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей на растворимую пылеудерживающую способность изучаемых видов травянистых растений

	{1}	{2}
Среднее	134,4139	182,6544
Ежа сборная {1}		0,036807
Кострец безостый {2}	0,036807	

Таблица Т.1. Результаты дисперсионного многофакторного анализа длины побега изучаемых видов травянистых растений

Факторы	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	2578,973	168	260,723	9,89162	0,001964
2	2	3611,653	168	260,723	13,85245	2,7E-06
3	3	2634,858	168	260,723	10,10597	3,71E-06
12	2	221,4377	168	260,723	0,849321	0,429533
13	3	118,3839	168	260,723	0,45406	0,714769

Примечания: факторы 1 – вид, 2 – зона, 3 – пункт (вложен).

Таблица Т.2. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей на длину побега изучаемых видов травянистых растений

	{1}	{2}
Среднее	103,8074	111,3778
Ежа сборная{1}		0,001964
Кострец безостый{2}	0,001964	

Таблица Т.3. Результаты LSD – теста. Влияние места произрастания на длину побега изучаемых видов растений

	ЗУК	СЗЗ	Магистрали
среднее	114,2500	99,07222	109,4556
ЗУК		7,28E-07	0,105753
СЗЗ	7,28E-07		0,000551
Магистрали	0,105753	0,000551	

Приложение У

Таблица У.1. Результаты дисперсионного многофакторного анализа фертильности пыльцевых зерен изучаемых видов травянистых растений в 2006 г.

Факторы	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	3127,15	36	85,81682	36,43982	6,21E-07
2	2	2423,078	36	85,81682	28,23547	4,22E-08
3	3	73,07388	36	85,81682	0,85151	0,474992
12	2	1487,701	36	85,81682	17,33578	5,33E-06
13	3	67,41448	36	85,81682	0,785563	0,509857

Примечания: факторы 1 – вид, 2 – зона, 3 – пункт (вложен), 4 – месяц.

Таблица У.2. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей на фертильность пыльцевых зерен в 2006 г.

	{1}	{2}
среднее	56.10164	72.42300
Ежа сборная {1}		5,06E-07
Кострец безостый {2}	5,06E-07	

Таблица У.3. Результаты LSD – теста. Влияние места произрастания на фертильность пыльцевых зерен изучаемых видов травянистых растений в 2006 г.

	ЗУК	С33	Магистраль
среднее	77.77812	53.22383	61.78500
ЗУК		7,4E-09	2,15E-05
С33	7,4E-09		0,012986
Магистраль	2,15E-05	0,012986	

Таблица У.4. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей и места произрастания на фертильность пыльцевых зерен изучаемых видов травянистых растений в 2006 г.

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
Среднее	79.26125	35.10367	53.94000	76.29500	71.34400	69.63000
Ежа сборная (ЗУК) {1}		2,19E-11	3,59E-06	0,525968	0,096004	0,044769
Ежа сборная (С33) {2}	2,19E-11		0,000248	1,29E-10	2,81E-09	8,41E-09
Ежа сборная (магистраль) {3}	3,59E-06	0,000248		2,55E-05	0,000608	0,001721
Кострец безостый (ЗУК) {4}	0,525968	1,29E-10	2,55E-05		0,29223	0,158805
Кострец безостый (С33) {5}	0,096004	2,81E-09	0,000608	0,29223		0,713517
Кострец безостый (магистраль) {6}	0,044769	8,41E-09	0,001721	0,158805	0,713517	

Таблица У.5. Результаты дисперсионного многофакторного анализа фертильности пыльцевых зерен изучаемых видов травянистых растений в 2007 г.

Факторы	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	178,9772	36	87,7203	2,040317	0,161797
2	2	1680,624	36	87,7203	19,1589	2,16E-06
3	3	795,9354	36	87,7203	9,07356	0,000131
12	2	294,0899	36	87,7203	3,352587	0,046216
13	3	767,2461	36	87,7203	8,746506	0,000172

Примечания: факторы 1 – вид, 2 – зона, 3 – пункт (вложен), 4 – месяц.

Таблица У.6. Результаты LSD – теста. Влияние места произрастания на фертильность пыльцевых зерен изучаемых видов травянистых растений в 2007 г.

	ЗУК	СЗЗ	Магистрали
Среднее	81,93375	69,47283	61,60062
ЗУК		0,000598	4,51E-07
СЗЗ	0,000598		0,022872
Магистрали	4,51E-07	0,022872	

Таблица У.7. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей и места произрастания на фертильность пыльцевых зерен изучаемых видов травянистых растений в 2007 г.

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
Среднее	77,53000	72,57900	57,04125	86,33750	66,36667	66,16000
Ежа сборная (ЗУК) {1}		0,297446	0,297446	9,95E-05	0,068114	0,022529
Ежа сборная (СЗЗ) {2}	0,297446		0,002082	0,005732	0,193001	0,17895
Ежа сборная (магистрали) {3}	9,95E-05	0,002082		3,17E-07	0,054072	0,059342
Кострец безостый (ЗУК) {4}	0,068114	0,005732	3,17E-07		0,000138	0,000121
Кострец безостый (СЗЗ) {5}	0,022529	0,193001	0,054072	0,000138		0,965043
Кострец безостый (магистрали) {6}	0,020311	0,17895	0,059342	0,000121	0,965043	

Таблица Ф.1. Результаты дисперсионного многофакторного анализа содержания азота в структурных частях растений изучаемых видов древесных растений

Факторы	df	MS	df	MS	F	p-level	95% доверительный интервал для среднего значения (\pm)
	Effect	Effect	Error	Error			
1	5	31,066	216	0,482	64,476	$<10^{-18}$	0,56
2	2	6,860	216	0,482	14,237	1,56E-06	0,79
3	3	1,162	216	0,482	2,412	0,068	0,79
4	2	22,885	216	0,482	47,496	8,02E-18	0,79
5	1	11,291	216	0,482	23,433	2,46E-06	0,96
12	10	5,529	216	0,482	11,474	1E-15	0,32
13	15	0,994	216	0,482	2,062	0,013	0,32
14	10	1,182	216	0,482	2,453	0,009	0,32
24	4	0,680	216	0,482	1,412	0,231	0,45
34	6	0,385	216	0,482	0,800	0,571	0,45
15	5	1,277	216	0,482	2,650	0,024	0,39
25	2	5,682	216	0,482	11,792	1,38E-05	0,56
35	3	0,169	216	0,482	0,351	0,789	0,56
45	2	9,081	216	0,482	18,847	2,85E-08	0,56
124	20	1,508	216	0,482	3,130	1,92E-05	0,19
134	30	0,257	216	0,482	0,533	0,979	0,19
125	10	1,336	216	0,482	2,772	0,003	0,23
135	15	0,633	216	0,482	1,313	0,196	0,23
145	10	0,687	216	0,482	1,425	0,171	0,23
245	4	0,370	216	0,482	0,767	0,548	0,32
345	6	0,320	216	0,482	0,665	0,678	0,32
1245	20	0,260	216	0,482	0,539	0,948	0,13
1345	30	0,176	216	0,482	0,366	0,999	0,13

Примечания: факторы 1 – вид, 2 – зона, 3 – пункт (вложен), 4 – срок вегетации, 5 – листовая и стеблевая часть побега.

Таблица Ф.2. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей на содержание азота в структурных частях растений изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
Среднее	1,577	1,988	1,382	2,421	1,338	2,998
Береза повислая {1}		4,73E-04	0,094	5,66E-12	0,040	1,22E-26
Клен ясенелистный {2}	4,73E-04		3,92E-07	2,33E-04	5,86E-08	7E-16
Липа мелколистная {3}	0,094	3,92E-07		1,38E-16	0,700	$<10^{-26}$
Тополь бальзамический {4}	5,66E-12	2,33E-04	1,38E-16		1,05E-17	1,26E-06
Рябина обыкновенная {5}	0,040	5,86E-08	0,700	1,05E-17		$<10^{-26}$
Карагана древовидная {6}	1,22E-26	7E-16	$<10^{-26}$	1,26E-06	$<10^{-26}$	

Таблица Ф.3. Результаты LSD – теста. Влияние условий места произрастания на содержание азота в структурных частях растений изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}	{3}
Среднее	2,190	1,762	1,900
ЗУК {1}		4,06E-07	4,83E-04
СЗЗ {2}	4,06E-07		0,094
Магистралаи {3}	4,83E-04	0,094	

Таблица Ф.4. Результаты LSD – теста. Влияние структурных частей на содержание азота изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}
среднее	2,112	1,789
Лист {1}		2,46E-06
Побег {2}	2,46E-06	

Таблица Ф.5. Результаты LSD – теста. Влияние условий места произрастания и структурной части растения на содержание азота у изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
среднее	2,124	2,256	2,062	1,462	2,151	1,649
ЗУК (лист) {1}		0,255	0,594	3,58E-08	0,814	5,69E-05
ЗУК (стебель) {2}	0,255		0,095	7,26E-11	0,366	3,67E-07
СЗЗ (лист) {3}	0,594	0,095		5,01E-07	0,442	4,36E-04
СЗЗ (стебель) {4}	3,58E-08	7,26E-11	5,01E-07		1,06E-08	0,109
Магистралаи (лист) {5}	0,814	0,366	0,442	1,06E-08		2,17E-05
Магистралаи (стебель) {6}	5,69E-05	3,67E-07	4,36E-04	0,109	2,17E-05	

Таблица Ф.6. Результаты LSD – теста. Влияние периода вегетации и структурной части растения на содержание азота у изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
среднее	2,714	1,924	2,200	1,811	1,423	1,631
1 срок (лист) {1}		8,74E-11	1,46E-05	2,65E-13	4,07E-23	1,12E-17
1 срок (стебель) {2}	8,74E-11		0,018	0,332	2,28E-05	0,012
2 срок (лист) {3}	1,46E-05	0,018		9,17E-04	1,6E-10	1,74E-06
2 срок (стебель) {4}	2,65E-13	0,332	9,17E-04		9,28E-04	0,121
3 срок (лист) {5}	4,07E-23	2,28E-05	1,6E-10	9,28E-04		0,073
3 срок (стебель) {6}	1,12E-17	0,012	1,74E-06	0,121	0,073	

Таблица Ф.7. Результаты LSD – теста. Влияние срока вегетации на содержание азота в структурных частях растений изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}	{3}
среднее	2,319	2,006	1,527
Первый срок {1}		1,72E-04	1,26E-18
Второй срок {2}	1,72E-04		1,79E-08
Третий срок {3}	1,26E-18	1,79E-08	

Таблица Ф.8. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей и периода вегетации на содержание азота изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
Среднее	1,960	1,649	1,122	2,207	2,044	1,713	1,608	1,320	1,219
Береза повислая (1 срок) {1}		0,121	4,17E-05	0,220	0,678	0,218	0,080	0,002	2,74E-04
Береза повислая (2 срок) {2}	0,121		0,009	0,006	0,050	0,749	0,837	0,102	0,033
Береза повислая (3 срок) {3}	4,17E-05	0,009		1,65E-07	7,21E-06	0,004	0,016	0,324	0,628
Клен ясенелистный (1 срок) {4}	0,220	0,006	1,65E-07		0,417	0,014	0,003	1,53E-05	1,65E-06
Клен ясенелистный (2 срок) {5}	0,678	0,050	7,21E-06	0,417		0,100	0,031	3,78E-04	5,51E-05
Клен ясенелистный (3 срок) {6}	0,218	0,749	0,004	0,014	0,100		0,599	0,051	0,014
Липа мелколистная (1 срок) {7}	0,080	0,837	0,016	0,003	0,031	0,600		0,153	0,054
Липа мелколистная (2 срок) {8}	0,002	0,102	0,324	1,53E-05	3,78E-04	0,051	0,153		0,615
Липа мелколистная (3 срок) {9}	2,74E-04	0,033	0,629	1,65E-06	5,51E-05	0,014	0,054	0,615	
Тополь бальзамический (1 срок) {10}	9,85E-09	1,44E-12	4,85E-20	3,93E-06	8,33E-08	9,8E-12	4,1E-13	4,05E-17	1,36E-18
Тополь бальзамический (2 срок) {11}	0,006	2,54E-05	4,7E-11	0,130	0,021	9,26E-05	1,06E-05	1,1E-08	7,3E-10
Тополь бальзамический (3 срок) {12}	0,070	0,790	0,019	0,003	0,026	0,558	0,952	0,171	0,062
Рябина обыкновенная (1 срок) {13}	0,104	0,940	0,011	0,005	0,042	0,693	0,896	0,119	0,040
Рябина обыкновенная (2 срок) {14}	0,036	0,578	0,040	9,82E-04	0,012	0,381	0,726	0,280	0,114
Рябина обыкновенная (3 срок) {15}	7,12E-08	7,86E-05	0,164	9,53E-11	8,36E-09	2,14E-05	1,75E-04	0,018	0,061
Карагана древовидная (1 срок) {16}	4,94E-11	3,56E-15	5,7E-23	3,99E-08	5,22E-10	2,75E-14	9,38E-16	5,93E-20	1,76E-21
Карагана древовидная (2 срок) {17}	8,99E-07	2,89E-10	2,35E-17	1,68E-04	5,95E-06	1,7E-09	8,98E-11	1,5E-14	5,83E-16
Карагана древовидная (3 срок) {18}	4,77E-04	7,32E-07	3,99E-13	0,021	0,002	3,2E-06	2,73E-07	1,39E-10	7,47E-12

Окончание таблицы Ф.8

	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}
Среднее	3,156	2,511	1,595	1,634	1,537	0,842	3,348	2,974	2,671
Береза повислая (1 срок) {1}	9,85E-09	0,006	0,070	0,104	0,036	7,12E-08	4,94E-11	8,99E-07	4,77E-04
Береза повислая (2 срок) {2}	1,44E-12	2,54E-05	0,790	0,940	0,578	7,86E-05	3,56E-15	2,89E-10	7,32E-07
Береза повислая (3 срок) {3}	4,85E-20	4,7E-11	0,019	0,011	0,040	0,164	5,7E-23	2,35E-17	3,99E-13
Клен ясенелистный (1 срок) {4}	3,93E-06	0,130	0,003	0,005	9,82E-04	9,53E-11	3,99E-08	1,68E-04	0,021
Клен ясенелистный (2 срок) {5}	8,33E-08	0,021	0,026	0,042	0,012	8,36E-09	5,22E-10	5,95E-06	0,002
Клен ясенелистный (3 срок) {6}	9,8E-12	9,26E-05	0,558	0,693	0,381	2,14E-05	2,75E-14	1,7E-09	3,2E-06
Липа мелколистная (1 срок) {7}	4,1E-13	1,06E-05	0,952	0,896	0,726	1,75E-04	9,38E-16	8,98E-11	2,73E-07
Липа мелколистная (2 срок) {8}	4,05E-17	1,1E-08	0,171	0,119	0,280	0,018	5,93E-20	1,5E-14	1,39E-10
Липа мелколистная (3 срок) {9}	1,36E-18	7,3E-10	0,062	0,040	0,114	0,061	1,76E-21	5,83E-16	7,47E-12
Тополь бальзамический (1 срок) {10}		0,002	2,82E-13	9,13E-13	4,6E-14	2,47E-24	0,338835	0,366	0,016
Тополь бальзамический (2 срок) {11}	0,002		8,18E-06	1,86E-05	2,24E-06	9,31E-15	4,31E-05	0,022	0,426
Тополь бальзамический (3 срок) {12}	2,82E-13	8,18E-06		0,848	0,771	2,19E-04	6,32E-16	6,35E-11	2,04E-07
Рябина обыкновенная (1 срок) {13}	9,13E-13	1,86E-05	0,848		0,630	1,05E-04	2,2E-15	1,89E-10	5,13E-07
Рябина обыкновенная (2 срок) {14}	4,6E-14	2,24E-06	0,771	0,630		6,32E-04	9,29E-17	1,16E-11	4,78E-08
Рябина обыкновенная (3 срок) {15}	2,47E-24	9,31E-15	2,19E-04	1,05E-04	6,32E-04		2,36E-27	1,57E-21	5,06E-17
Карагана древовидная (1 срок) {16}	0,339	4,31E-05	6,32E-16	2,2E-15	9,29E-17	2,36E-27		0,064	8,69E-04
Карагана древовидная (2 срок) {17}	0,366	0,022	6,35E-11	1,89E-10	1,16E-11	1,57E-21	0,064		0,132
Карагана древовидная (3 срок) {18}	0,016	0,426	2,04E-07	5,13E-07	4,78E-08	5,06E-17	8,69E-04	0,132	

Таблица Ф.9. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей и условий места произрастания на содержание азота изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
Среднее	1,479	1,768	1,486	2,122	1,846	1,996	1,256	1,356	1,534
Береза повислая (ЗУК) {1}		0,150	0,977	0,002	0,068	0,011	0,268	0,542	0,782
Береза повислая (СЗЗ) {2}	0,150		0,159	0,079	0,698	0,257	0,011	0,041	0,245
Береза повислая (Магистрала) {3}	0,977	0,159		0,002	0,073	0,011	0,256	0,523	0,805
Клен ясенелистный (ЗУК) {4}	0,002	0,079	0,002		0,170	0,531	2,39E-05	1,75E-04	0,004
Клен ясенелистный (СЗЗ) {5}	0,068	0,698	0,073	0,170		0,455	0,004	0,015	0,121
Клен ясенелистный (Магистрала) {6}	0,011	0,257	0,011	0,531	0,455		2,83E-04	0,002	0,022
Липа мелколистная (ЗУК) {7}	0,268	0,011	0,256	2,39E-05	0,004	2,83E-04		0,618	0,167
Липа мелколистная (СЗЗ) {8}	0,542	0,041	0,523	1,75E-04	0,015	0,002	0,618		0,376
Липа мелколистная (Магистрала) {9}	0,782	0,245	0,805	0,004	0,121	0,022	0,167	0,376	
Тополь бальзамический (ЗУК) {10}	5,62E-23	1,34E-18	6,91E-23	1,39E-13	1,86E-17	2,58E-15	1,88E-26	7,01E-25	4,01E-22
Тополь бальзамический (СЗЗ) {11}	0,893	0,192	0,916	0,002	0,091	0,015	0,214	0,456	0,888
Тополь бальзамический (Магистрала) {12}	0,005	0,158	0,005	0,727	0,306	0,781	9,8E-05	6,27E-04	0,011
Рябина обыкновенная (ЗУК) {13}	0,424	0,026	0,408	8,4E-05	0,009	8,57E-04	0,757	0,850	0,283
Рябина обыкновенная (СЗЗ) {14}	0,270	0,012	0,258	2,43E-05	0,004	2,87E-04	0,997	0,621	0,168
Рябина обыкновенная (Магистрала) {15}	0,837	0,101	0,814	7,64E-04	0,043	0,006	0,367	0,686	0,630
Карагана древовидная (ЗУК) {16}	2,6E-16	2,38E-12	3,15E-16	4,49E-08	2,39E-11	1,64E-09	1,45E-19	4,39E-18	1,59E-15
Карагана древовидная (СЗЗ) {17}	1,05E-10	2,23E-07	1,24E-10	4,17E-04	1,42E-06	3,7E-05	1,37E-13	2,91E-12	4,99E-10
Карагана древовидная (Магистрала) {18}	2,14E-11	5,72E-08	2,54E-11	1,5E-04	3,89E-07	1,17E-05	2,45E-14	5,49E-13	1,06E-10

Окончание таблицы Ф.9

	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}
Среднее	3,705	1,506	2,052	1,318	1,257	1,438	3,258	2,840	2,895
Береза повислая (ЗУК) {1}	5,62E-23	0,893	0,005	0,424	0,270	0,837	2,6E-16	1,05E-10	2,14E-11
Береза повислая (СЗЗ) {2}	1,34E-18	0,192	0,158	0,026	0,012	0,101	2,38E-12	2,23E-07	5,72E-08
Береза повислая (Магистрала) {3}	6,91E-23	0,916	0,005	0,408	0,258	0,814	3,15E-16	1,24E-10	2,54E-11
Клен ясенелистный (ЗУК) {4}	1,39E-13	0,002	0,727	8,4E-05	2,43E-05	7,64E-04	4,49E-08	4,17E-04	1,5E-04
Клен ясенелистный (СЗЗ) {5}	1,86E-17	0,091	0,306	0,009	0,004	0,043	2,39E-11	1,42E-06	3,89E-07
Клен ясенелистный (Магистрала) {6}	2,58E-15	0,015	0,781	8,57E-04	2,87E-04	0,006	1,64E-09	3,7E-05	1,17E-05
Липа мелколистная (ЗУК) {7}	1,88E-26	0,214	9,8E-05	0,757	0,997	0,367	1,45E-19	1,37E-13	2,45E-14
Липа мелколистная (СЗЗ) {8}	7,01E-25	0,456	6,27E-04	0,850	0,621	0,686	4,39E-18	2,91E-12	5,49E-13
Липа мелколистная (Магистрала) {9}	4,01E-22	0,888	0,011	0,283	0,168	0,630	1,59E-15	4,99E-10	1,06E-10
Тополь бальзамический (ЗУК) {10}		1,47E-22	1,54E-14	1,78E-25	1,94E-26	1,29E-23	0,027	2,41E-05	7,36E-05
Тополь бальзамический (СЗЗ) {11}	1,47E-22		0,007	0,351	0,216	0,733	6,32E-16	2,26E-10	4,7E-11
Тополь бальзамический (Магистрала){12}	1,54E-14	0,007		3,17E-04	9,96E-05	0,002	7,33E-09	1,13E-04	3,77E-05
Рябина обыкновенная (ЗУК) {13}	1,78E-25	0,350	3,17E-04		0,760	0,553	1,21E-18	9,25E-13	1,71E-13
Рябина обыкновенная (СЗЗ) {14}	1,94E-26	0,216	9,96E-05	0,760		0,369	1,49E-19	1,41E-13	2,51E-14
Рябина обыкновенная (Магистрала) {15}	1,29E-23	0,733	0,002	0,553	0,369		6,67E-17	3,2E-11	6,36E-12
Карагана древовидная (ЗУК) {16}	0,027	6,32E-16	7,33E-09	1,21E-18	1,49E-19	6,67E-17		0,038	0,071
Карагана древовидная (СЗЗ) {17}	2,41E-05	2,26E-10	1,13E-04	9,25E-13	1,41E-13	3,2E-11	0,038		0,784
Карагана древовидная (Магистрала) {18}	7,36E-05	4,7E-11	3,77E-05	1,71E-13	2,51E-14	6,36E-12	0,071	0,784	

Таблица Ф.10. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей и структурных частей растений на содержание азота изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}
Среднее	1,673	1,481	2,282	1,693	1,627	1,138	2,349	2,493	1,511	1,164	3,231	2,765
Береза повислая (лист) {1}		0,241	2,51E-04	0,904	0,777	0,001	5,2E-05	1,14E-06	0,323	0,002	3,69E-18	2,08E-10
Береза повислая (стебель) {2}	0,241		1,88E-06	0,196	0,373	0,037	2,77E-07	3,07E-09	0,853	0,054	1,07E-21	1,93E-13
Клен ясенелистный (лист) {3}	2,51E-04	1,88E-06		3,91E-04	8,47E-05	3,21E-11	0,685	0,200	4,34E-06	8,24E-11	2,4E-08	0,004
Клен ясенелистный (стебель) {4}	0,904	0,196	3,91E-04		0,687	8,15E-04	8,41E-05	1,99E-06	0,267	0,001	8,33E-18	4,1E-10
Липа мелколистная (лист) {5}	0,777	0,373	8,47E-05	0,687		0,003	1,61E-05	2,96E-07	0,480	0,005	5,34E-19	4,11E-11
Липа мелколистная (стебель) {6}	0,001	0,037	3,21E-11	8,15E-04	0,003		2,92E-12	1,25E-14	0,023	0,871	2,89E-28	1,96E-19
Тополь бальзамический (лист) {7}	5,2E-05	2,77E-07	0,685	8,41E-05	1,61E-05	2,92E-12		0,380	6,73E-07	7,72E-12	1,85E-07	0,012
Тополь бальзамический (стебель) {8}	1,14E-06	3,07E-09	0,200	1,99E-06	2,96E-07	1,25E-14	0,380		8,23E-09	3,52E-14	1,07E-05	0,098
Рябина обыкновенная (лист) {9}	0,322	0,853	4,34E-06	0,267	0,480	0,023	6,73E-07	8,23E-09		0,035	3,93E-21	6,03E-13
Рябина обыкновенная (стебель) {10}	0,002	0,054	8,24E-11	0,001	0,005	0,871	7,72E-12	3,52E-14	0,035		9,52E-28	6E-19
Карагана древовидная (лист) {11}	3,69E-18	1,07E-21	2,4E-08	8,33E-18	5,34E-19	2,89E-28	1,85E-07	1,07E-05	3,93E-21	9,52E-28		0,005
Карагана двевовидная (стебель) {12}	2,08E-10	1,93E-13	0,004	4,1E-10	4,11E-11	1,96E-19	0,012	0,098	6,03E-13	6E-19	0,005	

Приложение X

Таблица X.1. Результаты дисперсионного многофакторного анализа содержания фосфора в структурных частях растений изучаемых видов древесных растений

Факторы	df	MS	Df	MS	F	p-level	95% доверительный интервал для среднего значения (\pm)
	Effect	Effect	Error	Error			
1	5	1,018601	216	0,119051	8,555992	2,07E-07	0,28
2	2	0,230581	216	0,119051	1,936827	0,146656	0,39
3	3	0,418786	216	0,119051	3,517697	0,015981	0,39
4	2	3,481988	216	0,119051	29,24783	5,74E-12	0,39
5	1	6,933733	216	0,119051	58,24163	7,35E-13	0,48
12	10	0,484862	216	0,119051	4,07272	3,81E-05	0,16
13	15	0,492663	216	0,119051	4,138247	1,14E-06	0,16
14	10	0,245485	216	0,119051	2,062012	0,02874	0,16
24	4	0,3818	216	0,119051	3,207027	0,013882	0,22
34	6	0,202933	216	0,119051	1,704587	0,121132	0,22
15	5	0,437899	216	0,119051	3,678239	0,003247	0,20
25	2	0,996318	216	0,119051	8,368819	0,000316	0,28
35	3	0,086651	216	0,119051	0,727844	0,536377	0,28
45	2	0,628838	216	0,119051	5,28208	0,005759	0,28
124	20	0,140603	216	0,119051	1,181029	0,272673	0,09
134	30	0,142036	216	0,119051	1,193068	0,234992	0,09
125	10	0,351308	216	0,119051	2,950896	0,001699	0,11
135	15	0,098668	216	0,119051	0,828786	0,644934	0,11
145	10	0,138883	216	0,119051	1,16658	0,31485	0,11

Примечания: факторы 1 – вид, 2 – зона, 3 – пункт (вложен), 4 – срок вегетации, 5 – листовая и стеблевая часть побега.

Таблица X.2. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей на содержание фосфора в структурных частях растений изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
Среднее	,5529166	,7325000	,5916666	,7618055	,8527778	,5934722
Береза повислая {1}		0,002036	0,501134	0,000351	4,31E-07	0,481423
Клен ясенелистный {2}	0,002036		0,015122	0,610848	0,037647	0,016453
Липа мелколистная {3}	0,501134	0,015122		0,003435	9,32E-06	0,974981
Тополь бальзамический {4}	0,000351	0,610848	0,003435		0,115124	0,003786
Рябина обыкновенная {5}	4,31E-07	0,037647	9,32E-06	0,115124		1,07E-05
Карагана древовидная {6}	0,481423	0,016453	0,974981	0,003786	1,07E-05	

Таблица X.3. Результаты LSD – теста. Влияние структурных частей на содержание фосфора изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}
Среднее	0,81	0,55
Лист {1}		7,35E-13
Побег {2}	7,35E-13	

Таблица X.4. Результаты LSD – теста. Влияние периода вегетации и структурной части растения на содержание фосфора у изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
Среднее	1,052361	,6463889	,7398611	,5606945	,6304167	,4554167
1 срок (лист) {1}		2,25E-11	1,48E-07	2,27E-15	4,35E-12	9,7E-21
1 срок (стебель) {2}	2,25E-11		0,10553	0,137637	0,781472	0,001053
2 срок (лист) {3}	1,48E-07	0,10553		0,002085	0,058348	1,52E-06
2 срок (стебель) {4}	2,27E-15	0,137637	0,002085		0,226673	0,068521
3 срок (лист) {5}	4,35E-12	0,781472	0,058348	0,226673		0,002632
3 срок (стебель) {6}	9,7E-21	0,001053	1,52E-06	0,068521	0,002632	

Таблица X.7. Результаты LSD – теста. Влияние срока вегетации на содержание фосфора в структурных частях растений изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}	{3}
Среднее	0,85	0,65	0,54
Первый срок {1}		1,91E-06	1,31E-12
Второй срок {2}	1,91E-06		8,89E-03
Третий срок {3}	1,31E-12	8,89E-03	

Таблица X.5. Результаты LSD – теста. Влияние условий места произрастания и срока вегетации на содержание фосфора у изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
Среднее	,9600000	,6331250	,4533333	,8204167	,7160417	,6241667	,7677084	,6016667	,5512500
ЗУК (1 срок) {1}		6,01E-06	1,02E-11	0,048763	0,000642	3,41E-06	0,006851	7,86E-07	2,29E-08
ЗУК (2 срок) {2}	6,01E-06		0,011378	0,008418	0,240378	0,898905	0,057346	0,65557	0,246318
ЗУК (3 срок) {3}	1,02E-11	0,011378		4,36E-07	0,000245	0,016106	1,3E-05	0,036351	0,165881
СЗЗ (1 срок) {4}	0,048763	0,008418	4,36E-07		0,139809	0,005803	0,455049	0,002151	0,000173
СЗЗ (2 срок) {5}	0,000642	0,240378	0,000245	0,139809		0,193459	0,463998	0,105847	0,020208
СЗЗ (3 срок) {6}	3,41E-06	0,898905	0,016106	0,005803	0,193459		0,042763	0,749684	0,301687
Магистрала (1 срок) {7}	0,006851	0,057346	1,3E-05	0,455049	0,463998	0,042763		0,019291	0,002389
Магистрала (2 срок) {8}	7,86E-07	0,65557	0,036351	0,002151	0,105847	0,749684	0,019291		0,474866
Магистрала (3 срок) {9}	2,29E-08	0,246318	0,165881	0,000173	0,020208	0,301687	0,002389	0,474866	

Таблица X.6. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей и структурных частей растений на содержание фосфора изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}
Среднее	,6233333	,4825000	,8525000	,6125000	,6836111	,4997222	,9927778	,5308333	1,063056	,6425000	,6300000	,5569444
Береза повислая (лист) {1}		0,084753	0,005283	0,894153	0,459386	0,129988	9,23E-06	0,256633	1,69E-07	0,813907	0,934743	0,415212
Береза повислая (стебель) {2}	0,084753		8,96E-06	0,111393	0,014174	0,832488	1,89E-09	0,552924	1,41E-11	0,050419	0,071114	0,361013
Клен ясенелистный (лист) {3}	0,005283	8,96E-06		0,003516	0,039014	2,21E-05	0,08598	0,000104	0,010279	0,010478	0,006738	0,000349
Клен ясенелистный (стебель) {4}	0,894153	0,111393	0,003516		0,382875	0,166953	5,15E-06	0,316412	8,75E-08	0,712575	0,829828	0,495263
Липа мелколистная (лист) {5}	0,459386	0,014174	0,039014	0,382875		0,024748	0,000187	0,061649	5,39E-06	0,613717	0,510463	0,120813
Липа мелколистная (стебель) {6}	0,129988	0,832488	2,21E-05	0,166953	0,024748		5,9E-09	0,702432	4,86E-11	0,080571	0,110636	0,482431
Тополь бальзамический (лист) {7}	9,23E-06	1,89E-09	0,08598	5,15E-06	0,000187	5,9E-09		4,32E-08	0,388466	2,51E-05	1,31E-05	2,14E-07
Тополь бальзамический (стебель) {8}	0,256633	0,552924	0,000104	0,316412	0,061649	0,702432	4,32E-08		4,28E-10	0,171154	0,224034	0,748471
Рябина обыкновенная (лист) {9}	1,69E-07	1,41E-11	0,010279	8,75E-08	5,39E-06	4,86E-11	0,388466	4,28E-10		5,29E-07	2,53E-07	2,5E-09
Рябина обыкновенная (стебель) {10}	0,813907	0,050419	0,010478	0,712575	0,613717	0,080571	2,51E-05	0,171154	5,29E-07		0,877988	0,293973
Карагана древовидная (лист) {11}	0,934743	0,071114	0,006738	0,829828	0,510463	0,110636	1,31E-05	0,224034	2,53E-07	0,877988		0,370024
Карагана двевовидная (стебель) {12}	0,415212	0,361013	0,000349	0,495263	0,120813	0,482431	2,14E-07	0,748471	2,5E-09	0,293973	0,370024	

Таблица X.8. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей и периода вегетации на содержание фосфора изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
Среднее	,7375000	,4979167	,4233333	1,078750	,6070833	,5116667	,8008333	,5004167	,4737500
Береза повислая (1 срок) {1}		0,016999	0,001839	0,000733	0,191806	0,024361	0,525546	0,01817	0,008694
Береза повислая (2 срок) {2}	0,016999		0,454793	1,99E-08	0,274296	0,890332	0,002648	0,979999	0,808524
Береза повислая (3 срок) {3}	0,001839	0,454793		3,5E-10	0,066435	0,376148	0,000195	0,439837	0,613252
Клен ясенелистный (1 срок) {4}	0,000733	1,99E-08	3,5E-10		3,96E-06	4,04E-08	0,005738	2,26E-08	5,56E-09
Клен ясенелистный (2 срок) {5}	0,191806	0,274296	0,066435	3,96E-06		0,339153	0,053048	0,285406	0,182096
Клен ясенелистный (3 срок) {6}	0,024361	0,890332	0,376148	4,04E-08	0,339153		0,004077	0,910177	0,703819
Липа мелколистная (1 срок) {7}	0,525546	0,002648	0,000195	0,005738	0,053048	0,004077		0,002867	0,001194
Липа мелколистная (2 срок) {8}	0,01817	0,979999	0,439837	2,26E-08	0,285406	0,910177	0,002867		0,789165
Липа мелколистная (3 срок) {9}	0,008694	0,808524	0,613252	5,56E-09	0,182096	0,703819	0,001194	0,789165	
Тополь бальзамический (1 срок) {10}	0,226402	0,000369	1,95E-05	0,027949	0,012373	0,000606	0,564347	0,000404	0,000149
Тополь бальзамический (2 срок) {11}	0,592887	0,00363	0,000284	0,004237	0,066435	0,005527	0,920122	0,003923	0,00167
Тополь бальзамический (3 срок) {12}	0,310516	0,166313	0,03367	1,42E-05	0,769936	0,212365	0,09991	0,17407	0,10425
Рябина обыкновенная (1 срок) {13}	0,204846	0,000298	1,52E-05	0,032318	0,010512	0,000492	0,525546	0,000327	0,000119
Рябина обыкновенная (2 срок) {14}	0,050566	1,92E-05	6,74E-07	0,145757	0,001229	3,4E-05	0,184832	2,13E-05	6,77E-06
Рябина обыкновенная (3 срок) {15}	0,815004	0,008905	0,000835	0,001625	0,124145	0,013106	0,688382	0,009564	0,004347
Карагана древовидная (1 срок) {16}	0,847587	0,010028	0,000965	0,001414	0,134614	0,014689	0,657903	0,010761	0,004936
Карагана древовидная (2 срок) {17}	0,098215	0,457313	0,136788	7,89E-07	0,725637	0,544774	0,0226	0,4726	0,324628
Карагана древовидная (3 срок) {18}	0,004517	0,642872	0,77633	1,68E-09	0,120142	0,547549	0,000554	0,625028	0,824748

Окончание таблицы X.8

	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}
Среднее	,8583333	,7908334	,6362500	,8641667	,9333333	,7608333	,7566667	,5720834	,4516667
Береза повислая (1 срок) {1}	0,226402	0,592887	0,310516	0,204846	0,050566	0,815004	0,847587	0,098215	0,004517
Береза повислая (2 срок) {2}	0,000369	0,00363	0,166313	0,000298	1,92E-05	0,008905	0,010028	0,457313	0,642872
Береза повислая (3 срок) {3}	1,95E-05	0,000284	0,03367	1,52E-05	6,74E-07	0,000835	0,000965	0,136788	0,77633
Клен ясенелистный (1 срок) {4}	0,027949	0,004237	1,42E-05	0,032318	0,145757	0,001625	0,001414	7,89E-07	1,68E-09
Клен ясенелистный (2 срок) {5}	0,012373	0,066435	0,769936	0,010512	0,001229	0,124145	0,134614	0,725637	0,120142
Клен ясенелистный (3 срок) {6}	0,000606	0,005527	0,212365	0,000492	3,4E-05	0,013106	0,014689	0,544774	0,547549
Липа мелколистная (1 срок) {7}	0,564347	0,920122	0,09991	0,525546	0,184832	0,688382	0,657903	0,0226	0,000554
Липа мелколистная (2 срок) {8}	0,000404	0,003923	0,17407	0,000327	2,13E-05	0,009564	0,010761	0,4726	0,625028
Липа мелколистная (3 срок) {9}	0,000149	0,00167	0,10425	0,000119	6,77E-06	0,004347	0,004936	0,324628	0,824748
Тополь бальзамический (1 срок) {10}		0,498697	0,026799	0,953352	0,45228	0,328736	0,308534	0,00446	6,27E-05
Тополь бальзамический (2 срок) {11}	0,498697		0,122131	0,462377	0,153971	0,763557	0,731913	0,029142	0,000788
Тополь бальзамический (3 срок) {12}	0,026799	0,122131		0,023091	0,003186	0,212365	0,228002	0,520117	0,065221
Рябина обыкновенная (1 срок) {13}	0,953352	0,462377	0,023091		0,488167	0,300689	0,281669	0,003725	4,95E-05
Рябина обыкновенная (2 срок) {14}	0,45228	0,153971	0,003186	0,488167		0,084726	0,077523	0,000358	2,52E-06
Рябина обыкновенная (3 срок) {15}	0,328736	0,763557	0,212365	0,300689	0,084726		0,966671	0,059427	0,002165
Карагана древовидная (1 срок) {16}	0,308534	0,731913	0,228002	0,281669	0,077523	0,966671		0,065221	0,002477
Карагана древовидная (2 срок) {17}	0,00446	0,029142	0,520117	0,003725	0,000358	0,059427	0,065221		0,228002
Карагана древовидная (3 срок) {18}	6,27E-05	0,000788	0,065221	4,95E-05	2,52E-06	0,002165	0,002477	0,228002	

Таблица X.9. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей и условий места произрастания на содержание фосфора изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
Среднее	,6270834	,5966667	,4350000	,7983333	,7075000	,6916667	,6166667	,5154167	,6429167
Береза повислая (ЗУК) {1}		0,760374	0,055107	0,08699	0,420344	0,517414	0,916805	0,263487	0,873847
Береза повислая (СЗЗ) {2}	0,760374		0,106027	0,04413	0,267056	0,341262	0,841048	0,415552	0,642872
Береза повислая (Магистрала) {3}	0,055107	0,106027		0,000332	0,00674	0,010636	0,06955	0,420344	0,038021
Клен ясенелистный (ЗУК) {4}	0,08699	0,04413	0,000332		0,362814	0,285406	0,06955	0,004936	0,120142
Клен ясенелистный (СЗЗ) {5}	0,420344	0,267056	0,00674	0,362814		0,873847	0,362814	0,055107	0,517414
Клен ясенелистный (Магистрала) {6}	0,517414	0,341262	0,010636	0,285406	0,873847		0,45228	0,07822	0,625028
Липа мелколистная (ЗУК) {7}	0,916805	0,841048	0,06955	0,06955	0,362814	0,45228		0,310516	0,792383
Липа мелколистная (СЗЗ) {8}	0,263487	0,415552	0,420344	0,004936	0,055107	0,07822	0,310516		0,201893
Липа мелколистная (Магистрала) {9}	0,873847	0,642872	0,038021	0,120142	0,517414	0,625028	0,792383	0,201893	
Тополь бальзамический (ЗУК) {10}	0,064026	0,031335	0,000195	0,887031	0,29298	0,226402	0,050566	0,003186	0,090086
Тополь бальзамический (СЗЗ) {11}	0,403715	0,254708	0,006182	0,3784	0,976666	0,850861	0,347639	0,051547	0,498697
Тополь бальзамический (Магистрала) {12}	0,175389	0,097377	0,001178	0,719379	0,581391	0,477758	0,144611	0,013878	0,231226
Рябина обыкновенная (ЗУК) {13}	0,03652	0,016811	7,65E-05	0,700721	0,196082	0,146909	0,028243	0,001454	0,053048
Рябина обыкновенная (СЗЗ) {14}	2,47E-06	5,99E-07	1,21E-10	0,002051	7,65E-05	4,04E-05	1,53E-06	1,01E-08	5,04E-06
Рябина обыкновенная (Магистрала) {15}	0,883732	0,873847	0,076144	0,063436	0,341262	0,427593	0,966671	0,330802	0,760374
Карагана древовидная (ЗУК) {16}	0,024622	0,051547	0,738207	9,32E-05	0,002411	0,003974	0,031988	0,254708	0,016256
Карагана древовидная (СЗЗ) {17}	0,581391	0,392084	0,013878	0,244447	0,798829	0,923439	0,512029	0,095717	0,694542
Карагана древовидная (Магистрала) {18}	0,485553	0,316513	0,009229	0,308534	0,913491	0,96001	0,422753	0,070188	0,590003

Окончание таблицы Х.9

	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}
Среднее	,8125000	,7104167	,7625000	,8366666	1,109167	,6125000	,4016667	,6820833	,6966667
Береза повислая (ЗУК) {1}	0,064026	0,403715	0,175389	0,03652	2,47E-06	0,883732	0,024622	0,581391	0,485553
Береза повислая (СЗЗ) {2}	0,031335	0,254708	0,097377	0,016811	5,99E-07	0,873847	0,051547	0,392084	0,316513
Береза повислая (Магистрала) {3}	0,000195	0,006182	0,001178	7,65E-05	1,21E-10	0,076144	0,738207	0,013878	0,009229
Клен ясенелистный (ЗУК) {4}	0,887031	0,3784	0,719379	0,700721	0,002051	0,063436	9,32E-05	0,244447	0,308534
Клен ясенелистный (СЗЗ) {5}	0,29298	0,976666	0,581391	0,196082	7,65E-05	0,341262	0,002411	0,798829	0,913491
Клен ясенелистный (Магистрала) {6}	0,226402	0,850861	0,477758	0,146909	4,04E-05	0,427593	0,003974	0,923439	0,96001
Липа мелколистная (ЗУК) {7}	0,050566	0,347639	0,144611	0,028243	1,53E-06	0,966671	0,031988	0,512029	0,422753
Липа мелколистная (СЗЗ) {8}	0,003186	0,051547	0,013878	0,001454	1,01E-08	0,330802	0,254708	0,095717	0,070188
Липа мелколистная (Магистрала) {9}	0,090086	0,498697	0,231226	0,053048	5,04E-06	0,760374	0,016256	0,694542	0,590003
Тополь бальзамический (ЗУК) {10}		0,30656	0,616187	0,808524	0,003228	0,045894	5,3E-05	0,191806	0,246137
Тополь бальзамический (СЗЗ) {11}	0,30656		0,601577	0,206334	8,59E-05	0,326677	0,002194	0,77633	0,890332
Тополь бальзамический (Магистрала) {12}	0,616187	0,601577		0,457313	0,000606	0,133537	0,000363	0,420344	0,509348
Рябина обыкновенная (ЗУК) {13}	0,808524	0,206334	0,457313		0,00674	0,025419	1,95E-05	0,122131	0,161289
Рябина обыкновенная (СЗЗ) {14}	0,003228	8,59E-05	0,000606	0,00674		1,26E-06	1,74E-11	2,72E-05	4,95E-05
Рябина обыкновенная (Магистрала) {15}	0,045894	0,326677	0,133537	0,025419	1,26E-06		0,035428	0,485553	0,399038
Карагана древовидная (ЗУК) {16}	5,3E-05	0,002194	0,000363	1,95E-05	1,74E-11	0,035428		0,005324	0,003401
Карагана древовидная (СЗЗ) {17}	0,191806	0,77633	0,420344	0,122131	2,72E-05	0,485553	0,005324		0,883732
Карагана древовидная (Магистрала) {18}	0,246137	0,890332	0,509348	0,161289	4,95E-05	0,399038	0,003401	0,883732	

Таблица Ц.1. Результаты дисперсионного многофакторного анализа содержания калия в структурных частях растений изучаемых видов древесных растений

Факторы	df	MS	Df	MS	F	p-level	95% доверительный интервал для среднего значения (\pm)
	Effect	Effect	Error	Error			
1	5	11,00695	216	0,127095	86,60433	$<10^{-16}$	0,28
2	2	0,640352	216	0,127095	5,038383	0,007267	0,40
3	3	3,772626	216	0,127095	29,68359	4,14E-16	0,40
4	2	2,897613	216	0,127095	22,79885	1,04E-09	0,40
5	1	43,13653	216	0,127095	339,4047	$<10^{-16}$	0,49
12	10	0,633029	216	0,127095	4,980771	1,67E-06	0,16
13	15	0,704243	216	0,127095	5,541093	1,69E-09	0,16
24	10	0,494265	216	0,127095	3,888955	7,16E-05	0,23
34	4	0,172842	216	0,127095	1,359949	0,248916	0,23
15	6	0,197721	216	0,127095	1,555701	0,161462	0,20
25	5	1,648451	216	0,127095	12,97026	4,84E-11	0,28
35	2	0,731045	216	0,127095	5,751969	0,003683	0,28
45	3	0,875346	216	0,127095	6,887351	0,000189	0,28
124	2	0,13412	216	0,127095	1,055274	0,349885	0,10
125	20	0,18451	216	0,127095	1,451756	0,101225	0,12
135	30	0,128399	216	0,127095	1,010265	0,457556	0,12
125	10	0,120892	216	0,127095	0,9512	0,487281	0,12
135	15	0,295261	216	0,127095	2,323155	0,00432	0,12
145	10	0,208914	216	0,127095	1,643768	0,095902	0,12
245	4	0,175706	216	0,127095	1,382482	0,241007	0,16
345	6	0,024453	216	0,127095	0,192402	0,978722	0,16
1245	20	0,227364	216	0,127095	1,788937	0,023192	0,07
1345	30	0,084927	216	0,127095	0,668222	0,906014	0,07

Примечания: факторы 1 – вид, 2 – зона, 3 – пункт (вложен), 4 – срок вегетации, 5 – листовая и стеблевая часть побега.

Таблица Ц.2. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей на содержание калия в структурных частях растений изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
Среднее	,6273611	1,642639	,7311111	1,249583	,9097222	1,331944
Береза повислая {1}		$<10^{-25}$	0,082211	5,11E-21	3,67E-06	2,61E-25
Клен ясенелистный {2}	$<10^{-25}$		$<10^{-27}$	2,88E-10	8,19E-27	4,02E-07
Липа мелколистная {3}	0,082211	$<10^{-27}$		7,2E-16	0,00296	6,28E-20
Тополь бальзамический {4}	5,11E-21	2,88E-10	7,2E-16		3,52E-08	0,167131
Рябина обыкновенная {5}	3,67E-06	8,19E-27	0,00296	3,52E-08		1,71E-11
Карагана древовидная {6}	2,61E-25	4,02E-07	6,28E-20	0,167131	1,71E-11	

Таблица Ц.3. Результаты LSD – теста. Влияние условий места произрастания на содержание калия в структурных частях растений изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}	{3}
Среднее	1,142083	1,010278	1,093819
ЗУК {1}		0,001944	0,25193
СЗЗ {2}	0,001944		0,048029
Магистралаи {3}	0,25193	0,048029	

Таблица Ц.4. Результаты LSD – теста. Влияние срока вегетации на содержание калия в структурных частях растений изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}	{3}
Среднее	1,233889	1,059375	,9529167
Первый срок {1}		4,71E-05	1,91E-10
Второй срок {2}	4,71E-05		0,011991
Третий срок {3}	1,91E-10	0,011991	

Таблица Ц.5. Результаты LSD – теста. Влияние структурных частей на содержание калия изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}
Среднее	1,398056	,7660648
Лист {1}		$<10^{-16}$
Побег {2}	$<10^{-16}$	

Таблица Ц.6. Результаты LSD – теста. Влияние условий места произрастания и структурной части растения на содержание калия у изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
Среднее	1,538750	,7454166	1,271944	,7486111	1,383472	,8041667
ЗУК (лист) {1}		4,78E-30	1,16E-05	7,09E-30	0,009596	6,67E-27
ЗУК (стебель) {2}	4,78E-30		2,96E-16	0,957174	7,84E-22	0,323882
СЗЗ (лист) {3}	1,16E-05	2,96E-16		4,22E-16	0,061862	1,66E-13
СЗЗ (стебель) {4}	7,09E-30	0,957174	4,22E-16		1,15E-21	0,350829
Магистралаи (лист) {5}	0,009596	7,84E-22	0,061862	1,15E-21		7,61E-19
Магистралаи (стебель) {6}	6,67E-27	0,323882	1,66E-13	0,350829	7,61E-19	

Таблица Ц.7. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей и условий места произрастания на содержание калия изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
Среднее	,5450000	,6895834	,6475000	1,917500	1,631667	1,378750	,6287500	,7020833	,8625000
Береза повислая (ЗУК) {1}		0,161488	0,320374	5,35E-30	2,78E-21	3,97E-14	0,416662	0,128383	0,002301
Береза повислая (СЗЗ) {2}	0,161488		0,683004	1,53E-25	4,26E-17	1,82E-10	0,555065	0,903439	0,094362
Береза повислая (Магистрала) {3}	0,320374	0,683004		7,87E-27	2,72E-18	1,72E-11	0,855603	0,596393	0,037867
Клен ясенелистный (ЗУК) {4}	5,35E-30	1,53E-25	7,87E-27		0,005961	3,9E-07	2,09E-27	3,7E-25	2,39E-20
Клен ясенелистный (СЗЗ) {5}	2,78E-21	4,26E-17	2,72E-18	0,005961		0,014776	7,85E-19	9,56E-17	1,92E-12
Клен ясенелистный (Магистрала) {6}	3,97E-14	1,82E-10	1,72E-11	3,9E-07	0,014776		5,85E-12	3,6E-10	1,1E-06
Липа мелколистная (ЗУК) {7}	0,416662	0,555065	0,855603	2,09E-27	7,85E-19	5,85E-12		0,47688	0,024113
Липа мелколистная (СЗЗ) {8}	0,128383	0,903439	0,596393	3,7E-25	9,56E-17	3,6E-10	0,47688		0,12052
Липа мелколистная (Магистрала) {9}	0,002301	0,094362	0,037867	2,39E-20	1,92E-12	1,1E-06	0,024113	0,12052	
Тополь бальзамический (ЗУК) {10}	9,63E-13	3,11E-09	3,29E-10	3,03E-08	0,003297	0,607648	1,17E-10	5,96E-09	1,1E-05
Тополь бальзамический (СЗЗ) {11}	5,08E-08	3,27E-05	5,73E-06	5,19E-13	1,79E-06	0,014939	2,54E-06	5,36E-05	0,011062
Тополь бальзамический (Магистрала) {12}	5,31E-12	1,4E-08	1,58E-09	6,93E-09	0,001316	0,425982	5,78E-10	2,62E-08	3,62E-05
Рябина обыкновенная (ЗУК) {13}	5,82E-05	0,007561	0,002155	2,48E-17	6,92E-10	8,7E-05	0,00118	0,010693	0,31066
Рябина обыкновенная (СЗЗ) {14}	0,004733	0,148666	0,064479	4,77E-21	4,7E-13	3,68E-07	0,042513	0,185588	0,817707
Рябина обыкновенная (Магистрала) {15}	0,000299	0,024113	0,007924	1,4E-18	6,27E-11	1,53E-05	0,004618	0,032678	0,555065
Карагана древовидная (ЗУК) {16}	1,43E-16	1,09E-12	8,74E-14	1,97E-05	0,113955	0,38501	2,78E-14	2,27E-12	1,49E-08
Карагана древовидная (СЗЗ) {17}	6,33E-07	0,000246	5,03E-05	2,1E-14	1,55E-07	0,003339	2,38E-05	0,000384	0,041706
Карагана древовидная (Магистрала) {18}	3,54E-16	2,51E-12	2,06E-13	1,1E-05	0,086004	0,464466	6,61E-14	5,19E-12	3,03E-08

Окончание таблицы Ц.7

	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}
Среднее	1,325833	1,126250	1,296667	,9670833	,8387500	,9233333	1,468333	1,073333	1,454167
Береза повислая (ЗУК) {1}	9,63E-13	5,08E-08	5,31E-12	5,82E-05	0,004733	0,000299	1,43E-16	6,33E-07	3,54E-16
Береза повислая (СЗЗ) {2}	3,11E-09	3,27E-05	1,4E-08	0,007561	0,148666	0,024113	1,09E-12	0,000246	2,51E-12
Береза повислая (Магистрала) {3}	3,29E-10	5,73E-06	1,58E-09	0,002155	0,064479	0,007924	8,74E-14	5,03E-05	2,06E-13
Клен ясенелистный (ЗУК) {4}	3,03E-08	5,19E-13	6,93E-09	2,48E-17	4,77E-21	1,4E-18	1,97E-05	2,1E-14	1,1E-05
Клен ясенелистный (СЗЗ) {5}	0,003297	1,79E-06	0,001316	6,92E-10	4,7E-13	6,27E-11	0,113955	1,55E-07	0,086004
Клен ясенелистный (Магистрала) {6}	0,607648	0,014939	0,425982	8,7E-05	3,68E-07	1,53E-05	0,38501	0,003339	0,464466
Липа мелколистная (ЗУК) {7}	1,17E-10	2,54E-06	5,78E-10	0,00118	0,042513	0,004618	2,78E-14	2,38E-05	6,61E-14
Липа мелколистная (СЗЗ) {8}	5,96E-09	5,36E-05	2,62E-08	0,010693	0,185588	0,032678	2,27E-12	0,000384	5,19E-12
Липа мелколистная (Магистрала) {9}	1,1E-05	0,011062	3,62E-05	0,31066	0,817707	0,555065	1,49E-08	0,041706	3,03E-08
Тополь бальзамический (ЗУК) {10}		0,053764	0,777135	0,000594	4E-06	0,000123	0,167586	0,014939	0,213748
Тополь бальзамический (СЗЗ) {11}	0,053764		0,09919	0,123423	0,005681	0,049918	0,001042	0,607648	0,001654
Тополь бальзамический (Магистрала){12}	0,777135	0,09919		0,001568	1,38E-05	0,000357	0,096752	0,03109	0,127379
Рябина обыкновенная (ЗУК) {13}	0,000594	0,123423	0,001568		0,213748	0,671177	2,15E-06	0,303031	4E-06
Рябина обыкновенная (СЗЗ) {14}	4E-06	0,005681	1,38E-05	0,213748		0,412048	4,41E-09	0,023619	9,15E-09
Рябина обыкновенная (Магистрала) {15}	0,000123	0,049918	0,000357	0,671177	0,412048		2,91E-07	0,146422	5,64E-07
Карагана древовидная (ЗУК) {16}	0,167586	0,001042	0,096752	2,15E-06	4,41E-09	2,91E-07		0,000163	0,890641
Карагана древовидная (СЗЗ) {17}	0,014939	0,607648	0,03109	0,303031	0,023619	0,146422	0,000163		0,000273
Карагана древовидная (Магистрала) {18}	0,213748	0,001654	0,127379	4E-06	9,15E-09	5,64E-07	0,890641	0,000273	

Таблица Ц.8. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей и периода вегетации на содержание калия изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
Среднее	,6195833	,6962500	,5662500	1,646250	1,767500	1,514167	,8770834	,6408333	,6754166
Береза повислая (1 срок) {1}		0,457105	0,604826	1,61E-19	4,11E-23	8,96E-16	0,013087	0,836608	0,588016
Береза повислая (2 срок) {2}	0,457105		0,207881	2,55E-17	7,94E-21	1,04E-13	0,080311	0,590802	0,839767
Береза повислая (3 срок) {3}	0,604826	0,207881		4,38E-21	9,98E-25	2,92E-17	0,002829	0,46941	0,289984
Клен ясенелистный (1 срок) {4}	1,61E-19	2,55E-17	4,38E-21		0,240024	0,200714	1,92E-12	6,65E-19	6,53E-18
Клен ясенелистный (2 срок) {5}	4,11E-23	7,94E-21	9,98E-25	0,240024		0,014615	1,17E-15	1,78E-22	1,92E-21
Клен ясенелистный (3 срок) {6}	8,96E-16	1,04E-13	2,92E-17	0,200714	0,014615		2,98E-09	3,42E-15	2,92E-14
Липа мелколистная (1 срок) {7}	0,013087	0,080311	0,002829	1,92E-12	1,17E-15	2,98E-09		0,022658	0,051332
Липа мелколистная (2 срок) {8}	0,836608	0,590802	0,46941	6,65E-19	1,78E-22	3,42E-15	0,022658		0,737165
Липа мелколистная (3 срок) {9}	0,588016	0,839767	0,289984	6,53E-18	1,92E-21	2,92E-14	0,051332	0,737165	
Тополь бальзамический (1 срок) {10}	6,78E-14	6,45E-12	2,5E-15	0,051332	0,00194	0,499679	9,95E-08	2,45E-13	1,92E-12
Тополь бальзамический (2 срок) {11}	1,27E-07	4,22E-06	8,95E-09	1,06E-05	4,14E-08	0,001446	0,003381	3,47E-07	1,69E-06
Тополь бальзамический (3 срок) {12}	2,03E-06	5,03E-05	1,74E-07	7,66E-07	1,92E-09	0,000181	0,018152	5,15E-06	2,19E-05
Рябина обыкновенная (1 срок) {13}	7,35E-06	0,000155	6,96E-07	1,92E-07	3,94E-10	5,91E-05	0,0375	1,78E-05	7,06E-05
Рябина обыкновенная (2 срок) {14}	0,001506	0,014297	0,000242	1,26E-10	1,1E-13	1,19E-07	0,47688	0,00294	0,008112
Рябина обыкновенная (3 срок) {15}	0,517807	0,922682	0,24489	1,33E-17	4,02E-21	5,68E-14	0,065059	0,659431	0,916262
Карагана древовидная (1 срок) {16}	8,63E-22	1,56E-19	2,17E-23	0,454666	0,668233	0,043332	1,84E-14	3,69E-21	3,85E-20
Карагана древовидная (2 срок) {17}	2,31E-06	5,63E-05	2E-07	6,7E-07	1,65E-09	0,000163	0,019557	5,83E-06	2,46E-05
Карагана древовидная (3 срок) {18}	4,93E-07	1,43E-05	3,81E-08	3,1E-06	9,75E-09	0,000553	0,007832	1,3E-06	5,94E-06

Окончание таблицы Ц.8

	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}
Среднее	1,444583	1,182083	1,122083	1,092500	,9504167	,6862500	1,723333	1,119167	1,153333
Береза повислая (1 срок) {1}	6,78E-14	1,27E-07	2,03E-06	7,35E-06	0,001506	0,517807	8,63E-22	2,31E-06	4,93E-07
Береза повислая (2 срок) {2}	6,45E-12	4,22E-06	5,03E-05	0,000155	0,014297	0,922682	1,56E-19	5,63E-05	1,43E-05
Береза повислая (3 срок) {3}	2,5E-15	8,95E-09	1,74E-07	6,96E-07	0,000242	0,24489	2,17E-23	2E-07	3,81E-08
Клен ясенелистный (1 срок) {4}	0,051332	1,06E-05	7,66E-07	1,92E-07	1,26E-10	1,33E-17	0,454666	6,7E-07	3,1E-06
Клен ясенелистный (2 срок) {5}	0,00194	4,14E-08	1,92E-09	3,94E-10	1,1E-13	4,02E-21	0,668233	1,65E-09	9,75E-09
Клен ясенелистный (3 срок) {6}	0,499679	0,001446	0,000181	5,91E-05	1,19E-07	5,68E-14	0,043332	0,000163	0,000553
Липа мелколистная (1 срок) {7}	9,95E-08	0,003381	0,018152	0,0375	0,47688	0,065059	1,84E-14	0,019557	0,007832
Липа мелколистная (2 срок) {8}	2,45E-13	3,47E-07	5,15E-06	1,78E-05	0,00294	0,659431	3,69E-21	5,83E-06	1,3E-06
Липа мелколистная (3 срок) {9}	1,92E-12	1,69E-06	2,19E-05	7,06E-05	0,008112	0,916262	3,85E-20	2,46E-05	5,94E-06
Тополь бальзамический (1 срок) {10}		0,011443	0,001966	0,000746	2,94E-06	3,61E-12	0,007299	0,001792	0,005093
Тополь бальзамический (2 срок) {11}	0,011443		0,560493	0,38501	0,025387	2,73E-06	3,47E-07	0,541608	0,780236
Тополь бальзамический (3 срок) {12}	0,001966	0,560493		0,774037	0,096752	3,38E-05	1,88E-08	0,977416	0,761685
Рябина обыкновенная (1 срок) {13}	0,000746	0,38501	0,774037		0,168827	0,000107	4,13E-09	0,795792	0,555065
Рябина обыкновенная (2 срок) {14}	2,94E-06	0,025387	0,096752	0,168827		0,010938	1,54E-12	0,102518	0,049918
Рябина обыкновенная (3 срок) {15}	3,61E-12	2,73E-06	3,38E-05	0,000107	0,010938		8E-20	3,8E-05	9,4E-06
Карагана древовидная (1 срок) {16}	0,007299	3,47E-07	1,88E-08	4,13E-09	1,54E-12	8E-20		1,62E-08	8,81E-08
Карагана древовидная (2 срок) {17}	0,001792	0,541608	0,977416	0,795792	0,102518	3,8E-05	1,62E-08		0,740216
Карагана древовидная (3 срок) {18}	0,005093	0,780236	0,761685	0,555065	0,049918	9,4E-06	8,81E-08	0,740216	

Таблица Ц.9. Результаты LSD – теста. Влияние видовых особенностей и структурных частей растений на содержание калия изучаемых видов древесных растений

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}
Среднее	,7791666	,4755556	2,184167	1,101111	,8797222	,5825000	1,653333	,8458334	1,215278	,6041667	1,676667	,9872222
Береза повислая (лист) {1}		0,000376	<10 ⁻¹⁶	0,000167	0,232742	0,020171	8,28E-21	0,428427	4,84E-07	0,038463	1,18E-21	0,014055
Береза повислая (стебель) {2}	0,000376		<10 ⁻¹⁶	2,29E-12	2,83E-06	0,204488	<10 ⁻¹⁶	1,65E-05	4,34E-16	0,127341	0	5,13E-09
Клен ясенелистный (лист) {3}	<10 ⁻¹⁶	<10 ⁻¹⁶		1,43E-28	<10 ⁻¹⁶	<10 ⁻¹⁶	1,5E-09	<10 ⁻¹⁶	2,77E-24	<10 ⁻¹⁶	6,67E-09	0
Клен ясенелистный (стебель) {4}	0,000167	2,29E-12	1,43E-28		0,009031	3,29E-09	3,67E-10	0,002675	0,17567	1,29E-08	7,59E-11	0,176719
Липа мелколистная (лист) {5}	0,232742	2,83E-06	<10 ⁻¹⁶	0,009031		0,000495	3E-17	0,687125	8,93E-05	0,001213	4,64E-18	0,202155
Липа мелколистная (стебель) {6}	0,020171	0,204488	<10 ⁻¹⁶	3,29E-09	0,000495		4,14E-28	0,001965	1,36E-12	0,796769	5,42E-29	2,75E-06
Тополь бальзамический (лист) {7}	8,28E-21	<10 ⁻¹⁶	1,5E-09	3,67E-10	3E-17	4,14E-28		1,98E-18	4,33E-07	2,73E-27	0,781521	1,19E-13
Тополь бальзамический (стебель) {8}	0,428427	1,65E-05	<10 ⁻¹⁶	0,002675	0,687125	0,001965	1,98E-18		1,72E-05	0,004431	2,96E-19	0,093892
Рябина обыкновенная (лист) {9}	4,84E-07	4,34E-16	2,77E-24	0,17567	8,93E-05	1,36E-12	4,33E-07	1,72E-05		6,4E-12	1,12E-07	0,007184
Рябина обыкновенная (стебель) {10}	0,038463	0,127341	<10 ⁻¹⁶	1,29E-08	0,001213	0,796769	2,73E-27	0,004431	6,4E-12		3,58E-28	8,62E-06
Карагана древовидная (лист) {11}	1,18E-21	<10 ⁻¹⁶	6,67E-09	7,59E-11	4,64E-18	5,42E-29	0,781521	2,96E-19	1,12E-07	3,58E-28		2,07E-14
Карагана двевовидная (стебель) {12}	0,014055	5,13E-09	<10 ⁻¹⁶	0,176719	0,202155	2,75E-06	1,19E-13	0,093892	0,007184	8,62E-06	2,07E-14	

Научное издание

Бухарина Ирина Леонидовна
Двоеглазова Анна Алексеевна

**БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ТРАВЯНИСТЫХ И ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ
В ГОРОДСКИХ НАСАЖДЕНИЯХ**

Монография

Подписано в печать 04.06.10. Формат 60х84 1/8
Печать офсетная. Усл.печ. 91,39 Уч.-изд. л. 13,43
Тираж 300 экз. Заказ №
Издательство «Удмуртский государственный университет»
426034, г. Ижевск, ул. Университетская , 1, кор. 4